

Reijo Ikonen

**VIERAILIJAVERKON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS KAINUUN
RASTIVIIKOLLE 2012**

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liikenne
Tietotekniikka
Kevät 2012



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Reijo Ikonen	
Työn nimi Vierailijaverkon suunnittelu ja toteutus Kainuun Rastiviikolle 2012	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Sulautetut Järjestelmät	Ohjaaja(t) Jukka Heino
	Toimeksiantaja Kainuun Rastiviikko Ry
Aika Kevät 2012	Sivumäärä ja liitteet 34
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa luotettava Internetyhteys Kainuun Rastiviikolle 2012. Tässä dokumentissa esitellään työn tavoitteet sekä työhön vaikuttavat lähtökohdat, kuten Rastiviikon sijainti, sääolosuhteet, maasto-olosuhteet ja niiden vaikutus työn lopulliseen tulokseen.</p> <p>Työssä etsittiin sopiva runkoyhteys mahdollisten vaihtoehtojen joukosta, sekä WiMax-yhteyden valintaa sopivaksi runkoyhteydeksi teoreettisten ratkaisujen pohjalta. Työssä esitellään WiMax-yhteyden teoriaa sekä laitteiston konfiguroimista työn tarkoitusta varten.</p> <p>Työssä käydään läpi reitityksen teoriaa, avainkäsitteitä ja periaatteita työtä varten. Työhön sisältyi valittuihin Zyxel-merkkisiin reitittämiin tutustumista sekä konfiguroimista työn vaatimalla tavalla. Lopuksi esitellään koko kytkentä sekä sen testaus käytännön toteutusta varten.</p> <p>Työssä saatiin halutunlainen vierailijaverkko suunniteltua ja toteutettua. Testauksen perusteella työn tavoitteet saavutettiin, koska verkko saatiin toimimaan riittävän kattavalla alueella. Käytännön onnistuminen nähdään vasta heinäkuussa 2012, kun Rastiviikko 2012 virallisesti pidetään, ja vierailijaverkko toimii käytännössä.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	WLAN, Vierailijaverkko, Wimax
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Reijo Ikonen	
Title Reliable Internet access for Kainuun Rastiviikko 2012	
Optional Professional Studies Embedded Systems	Instructor(s) Mr Jukka Heino
	Commissioned by Kainuun Rastiviikko Ry
Date Spring 2012	Total Number of Pages and Appendices 34
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to design and implement a reliable Internet connection for Kainuun Rastiviikko 2012. Kainuun Rastiviikko is an annual traditional orienteering event organized somewhere in the region of Kainuu. In the year 2012 the organizers wanted to provide an Internet access for the participants of the event for the first time.</p> <p>This thesis was made by using WiMax technology as the base connection. WiMax is a wireless broadband method utilizing IP based structure. WiMax is also known as IEEE 802.16 that is intended to be applied for wireless networks in larger areas.</p> <p>In the thesis a proper router option to work with WiMax was also sought and found. The effective guest network had to be made by using the WLAN technology and WLAN router. By using the WLAN technology, one broadband connection can be shared wirelessly at the same time to multiple users. During the process, multiple routing options were tested and the best solution was chosen. In the thesis, the designing and testing procedures are described including the conclusion of the whole project.</p>	
Language of Thesis Finnish	
Keywords	Wlan, Network, Router
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin puhtaasta kiinnostuksesta tietoliikennettä ja tietoliikennetekniikkaa kohtaan. Työ antoi hyvän kuvan asiakaslähtöisestä suunnittelusta ja toteutuksesta sekä omien kykyjen ja osaamisen soveltamisesta kyseiseen tarkoitukseen.

ERITYISKIITOKSET

Kainuun Rastiviikko Ry:lle, ja erityisesti Ville Keräselle ja Erkki Kemppaiselle mahdollisuudesta toteuttaa tämä työ insinöörityönä.

Jukka Heinolle, työn valvojalle ja ohjaavalle opettajalle asiantuntevista neuvoista, ja ammatillisesta työn ohjaamisesta.

Kaisanet Oy:lle, ja erityisesti Maija Veiste-Turuselle tilausten hoitamisesta työtä varten, Tomi ja Mikko Huotarille teknisistä vinkeistä ja ryhmähengen ylläpidosta ja Harri Moilaselle henkisestä tuesta opinnäytetyöprosessin aikana.

Äidilleni ja siskoilleni jotka jaksoivat ahkerasti kysellä työn etenemisestä ja valmistumisesta sekä tyttöystävälleni Miialle tuesta prosessin aikana.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TYÖN KUVAUS JA TAVOITTEET	2
2.1 Maasto-olosuhteet yhteysnäkökulmasta	3
2.2 Sää- ja ympäristötekijät yhteysnäkökulmasta	7
3 RUNKOYHTEYS	10
3.1 WiMaxin teoriaa	11
3.2 WiMaxin konfigurointi ja testaus	14
4 REITITYS	21
4.1 Työn WLAN-vierailijaverkko	23
4.2 Reitittimien konfigurointi ja testaus	25
4.3 Koko kytkennän testaus	30
5 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33

SYMBOLILUETTELO

3G:	Kolmannen sukupolven mobiilia tiedonsiirtoa hyödyntävä tekniikka.
ADSL:	Asymmetric Digital Subscriber Line. Puhelinverkkoa hyödyntävä laajakaistateknologia
DHCP:	Dynamic Host Configuration Protocol. Protokolla, joka jakaa tietyn määrätyn IP-osoitevaruuden verkkoon kytketyille laitteille.
IP:	Internet Protocol. Protokolla, jonka perusteella tietoliikenne verkossa osaa ohjautua oikeaan paikkaan.
LAN:	Local Area Network. Lähiverkko, eli tietyllä alueella oleva erilaisilla tekniikoilla toteutettu tietoliikenneverkko.
Ping:	Työkalu, jolla tutkitaan verkkoyhteyden toimintaa lähettämällä ja vastaanottamalla paketteja verkon yli.
PPPoE:	Point to Point Protocol over Ethernet. Käyttäjätunnusta ja salasanaa todentamiseen vaativa laajakaistatekniikka.
Telnet:	Yksinkertainen, komentorivipohjainen yhteysprotokolla, jolla voidaan ottaa yhteys päätelaitteeseen.
UPS:	Uninterruptible Power Supply. Järjestelmä, joka takaa siihen kytketyille laitteille virransyötön lyhyiden sähkökatkosten aikana.
WiMax:	Worldwide Interoperability for Microwave Access. Mobiilia, radioaaltoja ja langatonta tiedonsiirtoa hyödyntävä laajakaistatekniikka.
WLAN:	Wireless Local Area Network. Langaton lähiverkko. Langattomalla tekniikalla toteutettu laitteiden muodostama lähiverkko

1 JOHDANTO

Insinööriyön tavoitteena oli luoda Internetyhteys ja vierailijaverkko tilaajan toimeksiannosta. Työn tilaajana toimi Kainuun Rastiviikko Ry. Kainuun Rastiviikko Ry on vuonna 2008 perustettu yhdistys, jonka tarkoituksena on edistää ja ylläpitää suunnistusharrastusta Kainuun alueella sekä järjestää vuosittainen Rastiviikko-tapahtuma. Rastiviikko Ry:n jäseninä toimivat Kajaanin Suunnistajat, Kuhmon Peurat, Puolangan Ryhti, Sotkamon Jymy ja Suomussalmen Rasti [11]. Tapahtuman järjestää vuorovuosina jokin edellä mainituista ryhmistä. Rastiviikon suosio on ollut kasvavaa, ja vuonna 2012 odotetaan taas kasvavaa kävijämäärää.

Rastiviikko Ry ei ole aikaisempina vuosina tarjonnut erillistä vierailijaverkkoa suunnistajille, vaan verkon käyttö on ollut osallistujien omien mahdollisuuksien varassa. Vuonna 2012 järjestäjät kuitenkin ottivat yhteyttä Kajaanin ammattikorkeakouluun ja kysyivät mahdollisuutta saada joku opiskelija vastaamaan verkon suunnittelusta. Tarkemmin työn kuvausta ja tavoitteita käsitellään luvussa 2.

Työssä pohdittiin erilaisia runkoyhteysvaihtoehtoja Rastiviikon kisakeskuksen sijainnin, ja työn budjetin mukaisesti sekä suunniteltiin ja testattiin reititysvaihtoehtoja valitulle runkoyhteykselle. Pääpaino työn teoriasta keskittyy WiMax-yhteyden ominaisuuksiin sekä niiden hyödyntämiseen tämän työn runkoyhteytenä sekä WiMax-laitteiston konfigurointiin työn käytännön toteutusta varten.

Lisäksi työssä pohdittiin toteutuksen kannalta järkeviä reititysvaihtoehtoja. Pohdinnan ja suunnittelun tuloksena käsitellään työn toteutukseen valittujen Zyxel-merkkisten reitittimien teoriaa sekä konfiguroimista ja testaamista käytännössä. Lopuksi käsitellään työn kokonaisratkaisun testausta sekä toimintaa käytännössä testitulosten pohjalta.

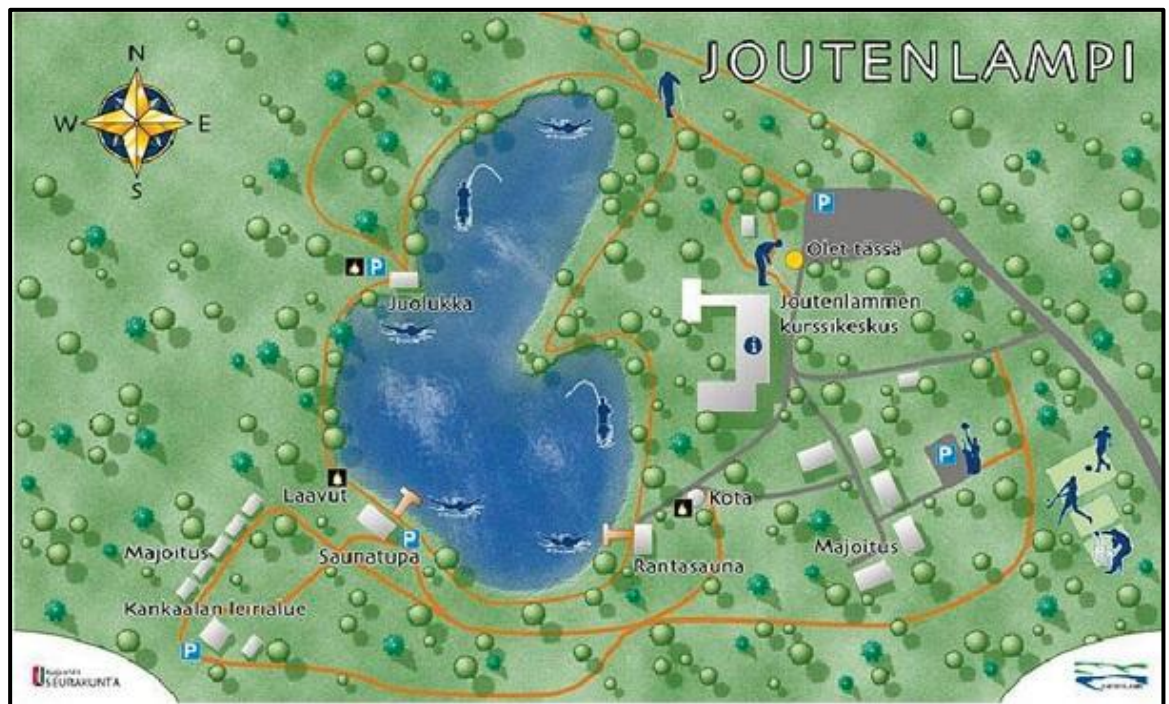
2 TYÖN KUVAUS JA TAVOITTEET

Tämän insinöörityön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa luotettava Internetyhteys Kainuun Rastiviikolle 2012. Kainuun Rastiviikko on perinteikäs, kansainvälinen ja jokavuotinen suunnistustapahtuma Kainuun alueella. Järjestäjänä toimii Kainuun Rastiviikko Ry, joka tilasi tämän työn Kajaanin Ammattikorkeakoulun kautta. Tapahtuman sijainti vaihtuu joka vuosi, mutta ajankohta vaihtelee sijoittuen kuitenkin kesäaikaan. Vuonna 2012 Rastiviikko on 1.-6.7.2012. Tapahtuman pääpaino on suunnistuksella, mutta vuonna 2012 järjestäjät halusivat tarjota osallistujille mahdollisuuden käyttää Internetiä suunnistuksen ohella ja vapaa-ajalla. Tämä mahdollisti työn toteutuksen insinöörityönä. Järjestäjien mukaan mahdollisia käyttäjiä vierailijaverkolle tulisi olemaan yli 5000 tapahtuman aikana. Yhtäaikaisten käyttäjien määrää on hankala arvioida, ja se täytyi ottaa huomioon verkkoa suunnitellessa ja työtä tehdessä. Suuri yhtäaikainen käyttäjämäärä kuormittaa sekä verkkoa että laitteistoa, jolla reititys toteutetaan. Tämän vuoksi yhteyden luotettavuus ja helppo ylläpito vaati tarkkaa harkitsemista, ettei tehokkuus kärsisi.

Vuonna 2012 Rastiviikon sijainti on Joutenlammen kurssikeskuksella, noin 15 kilometriä Kajaanin keskustasta mitattuna. Tapahtuman sijaintipaikka aiheutti suurimman ongelman työn suunnittelussa hyvin rajallisten yhteysvaihtoehtojen ja mahdollisuuksien takia. Lisäksi budjetti tätä kyseistä työtä varten käsitti ainoastaan sponsorisopimuksen Kaisanet Oy:n kanssa. Kaisanet Oy (entinen Kainuun Puhelinosuuskunta KPO) on Kainuussa ja Ylä-Savossa toimiva pitkän linjan teleoperaattori, joka tarjoaa tietoliikenne- verkko- ja laitepalveluita sekä yksityis- että yritysasiakkaille. Kainuun Rastiviikko Ry:n sponsorisopimukseen kuuluu, että Kaisanet Oy järjestää tapahtumaan tarvittavat verkko- ja laitepalvelut, jotka Eltel Networks Oy asentaa sovittavana ajankohtana tapahtumapaikalle. Tämän sponsorisopimuksen johdosta oli luontevaa hankkia Kaisanet Oy:n kautta tarvittavat verkkoyhteydet ja laitteistot työn suunnittelua ja toteuttamista varten. Koska sopimus ei rajaa sitä, millaisia yhteyksiä ja laitteistoa on mahdollista hankkia tapahtumaan, helpotti se osittain suunnittelua ja toteutusta, koska oli mahdollista etsiä ja valita tähän työhön yksilöllisesti sopivimmat vaihtoehdot ja tehdä ratkaisut niiden pohjalta. Suunnittelu ei silti ollut helppoa, sillä vaikka periaatteessa kaikki Kaisanet Oy:n tarjoamat palveluvaihtoehdot olivat käytössä, ei niiden hyödyntäminen tapahtuman sijainnista johtuen ollut mahdollista. Jatkoa ja erityisesti mahdollista tulevien vuosien vierailijaverkkoja ajatellen eri vaihtoehtojen läpikäynnistä kuitenkin oli hyötyä.

2.1 Maasto-olosuhteet yhteysnäkökulmasta

Joutenlammen kurssikeskus sijaitsee rauhallisella metsäalueella vesistön äärellä 15 kilometriä Kajaanin keskustasta pohjoiseen. Alue on tasaista metsäkangasta lammen rannalla. Alue on pääasiassa vanhaa männikkökangasta, jossa metsä ei ole tiheä, mutta puut ovat korkeita. Sijainnista johtuen alueelle ei voi toteuttaa normaalia laajakaistayhteyttä käyttäen ADSL-linjaa (Asymmetric Digital Subscriber Line), kaksisuuntaista kaapeliverkkoa tai yleistyvää ja nopeaa valokuituyhteyttä. Alueen muoto näkyy kuvasta 1.

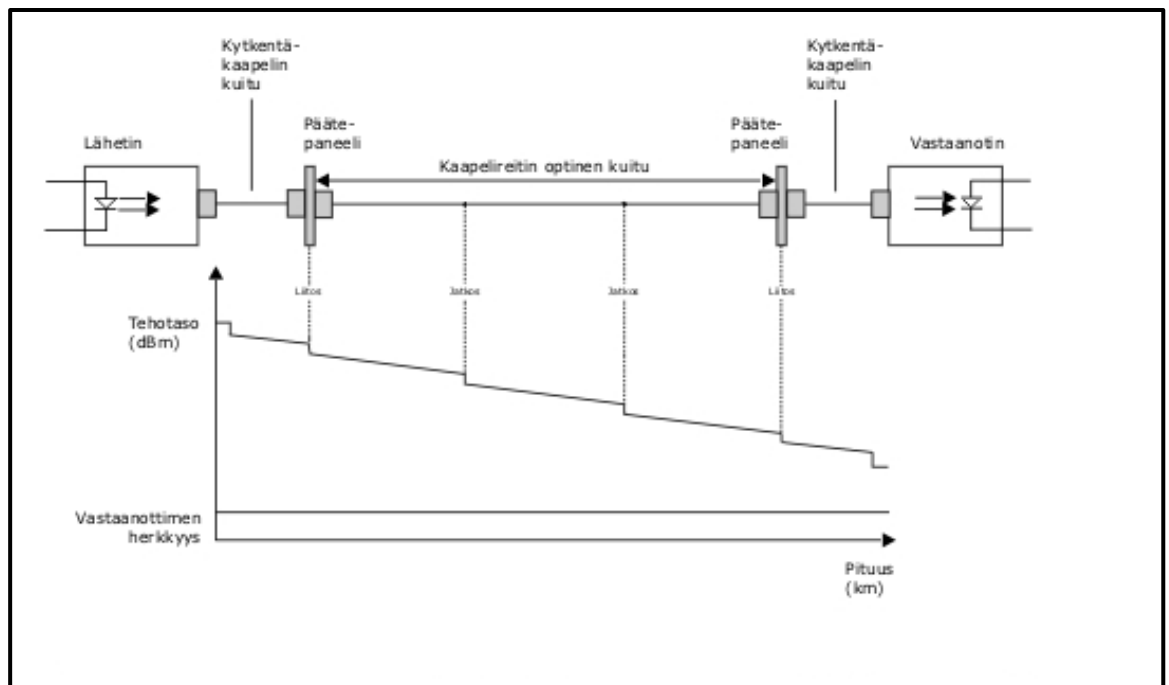


Kuva 1. Joutenlammen kurssikeskuksen maastokartta [5]

ADSL-yhteys vaatii käyttäjän päähän verkkokytkimen ja modeemin sekä yhteyden palveluntarjoajan keskukseen eli DSL-keskittimeen, joiden välillä data siirtyy. Nykyaikaisella ADSL2+-tekniikalla on mahdollista saada jopa 24 Mbit/s vastaanottonopeus ja 3 Mbit/s lähetysopeus. Teoreettinen maksimimatka linjan nopealle toiminnalle on 7 kilometriä tilaajan verkkokytkimeltä DSL-keskittimelle, mutta 5 kilometrin jälkeen nopeus laskee huomattavasti ja vaarana on yhteyden jatkuva pätkiminen. DSL-yhteys tässä työssä ei siis tule kysymykseen, koska lähin DSL-keskitin on noin 7 kilometrin päässä Joutenlammen kurssikeskukselta.

Kaksisuuntaista kaapeliverkkoa hyödyntämällä voidaan saada laajakaistayhteys, jonka vastaanotonopeudet vaihtelevat aina 512 kbit/s ja 110 Mbit/s välillä, ja lähetysnopeudet 512 kbit/s ja 2 Mbit/s välillä riippuen siitä, millaisen nopeuden tilaaja haluaa. Kaapeliyhteyden hyödyntäminen vaatii sitä, että alueelle on rakennettu kaksisuuntainen kaapeliverkko ja tilaajalla on yhteys kaapeliverkon keskittimeen modeemin välityksellä. Kaapeliverkkoa hyödynnetään pääasiassa kaupungeissa ja taajama-alueilla, eikä kaapeliverkon käyttäminen tässä työssä onnistu, koska Joutenlammen alueella tai lähistöllä ei ole käytössä kaksisuuntaista kaapeliverkkoa.

Yleistyvä valokuituyhteys tarjoaa tilaajalle nopean laajakaistayhteyden, jonka teoreettiset siirtonopeudet nousevat useaan kymmeneen gigabittiin sekunnissa. Tilaajalle käytännössä suurimmat vastaanotonopeudet, joita tarjotaan, ovat luokkaa 1 Gbit/s, ja Suomessa käytännössä 100 Mbit/s. Valokuituyhteyksissä käytetään hyväksi optista tiedonsiirtoa. Yksinkertaisesti ilmaistuna optisessa tiedonsiirrossa signaali kulkee valon muodossa optista valokaapelia pitkin lähetimestä vastaanottimeen. Lähtetin muuttaa sähköisen signaalin valomuotoon ja sovitaa sen valokaapeliin kuvan 2 periaatteen mukaisesti. Vastaanotin toimii päinvastoin, eli muuttaa valosignaalin sopivaan sähköiseen muotoon jatkotoimenpiteitä varten [2].



Kuva 2. Optisen tiedonsiirron perusperiaate [3]

Valokaapeliverkko sisältää kiinteistössä olevan sisäverkon, kuitupäättteen, optisen liityntäverkon sekä runkoverkon [3]. Yleisin tapa toteuttaa valokuituyhteys tilaajalle on FTTH (Fiber To The Home), jossa kuituyhteys on kytketty kuitumuuntimelta asuntoon asti Ethernet-kaapeloinnilla. Kuituyhteyden käyttö tämän työn runkoyhteytenä olisi optimaalinen vaihtoehto luotettavuuden ja suurten nopeuksien ansioista. Käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista, koska Joutenlammen alueelle ei ole vedetty kuituverkkoa vielä. Tämä vaihtoehto tulee kuitenkin ottaa tulevaisuudessa huomioon, koska kuituverkon peittoa laajennetaan Kainuussa koko ajan, ja sen käyttö tulevaisuuden tapahtumissa on luultavasti jossain vaiheessa mahdollista.

3G (Third Generation) eli kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologia on yleistynyt yhteysvaihtoehto nykypäivänä. 3G:n erot aiempiin standardeihin (1G ja 2G) ovat tiedonsiirtonopeudet ja yhteystapa. Suomessa käytettävä 3G-standardi on nimeltään UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Lisäksi 3G-verkon toimintaa on parannettu kehittämällä siihen uusia standardeja, kuten HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) ja HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access). HSDPA on yhteyskäytäntö, joka nopeuttaa UMTS-verkon liikennettä käytettävästä verkosta käytettävään päätelaitteeseen. Käytössä on useita eri nopeuksia, jotka selviävät taulukosta 1.

Taulukko 1. HSDPA-modulaatiot [13]

Kategoria	HS-DSCH-l	Modulaatio	Max. Tiedonsiirtonopeus
1	5	QPSK ja 16-QAM	1,2 Mbit/s
2	5	QPSK ja 16-QAM	1,2 Mbit/s
3	5	QPSK ja 16-QAM	1,8 Mbit/s
4	5	QPSK ja 16-QAM	1,8 Mbit/s
5	5	QPSK ja 16-QAM	3,6 Mbit/s
6	5	QPSK ja 16-QAM	3,6 Mbit/s
7	10	QPSK ja 16-QAM	7,3 Mbit/s
8	10	QPSK ja 16-QAM	7,3 Mbit/s
9	15	QPSK ja 16-QAM	10,2 Mbit/s
10	15	QPSK ja 16-QAM	14,4 Mbit/s
11	5	QPSK	0,9 Mbit/s

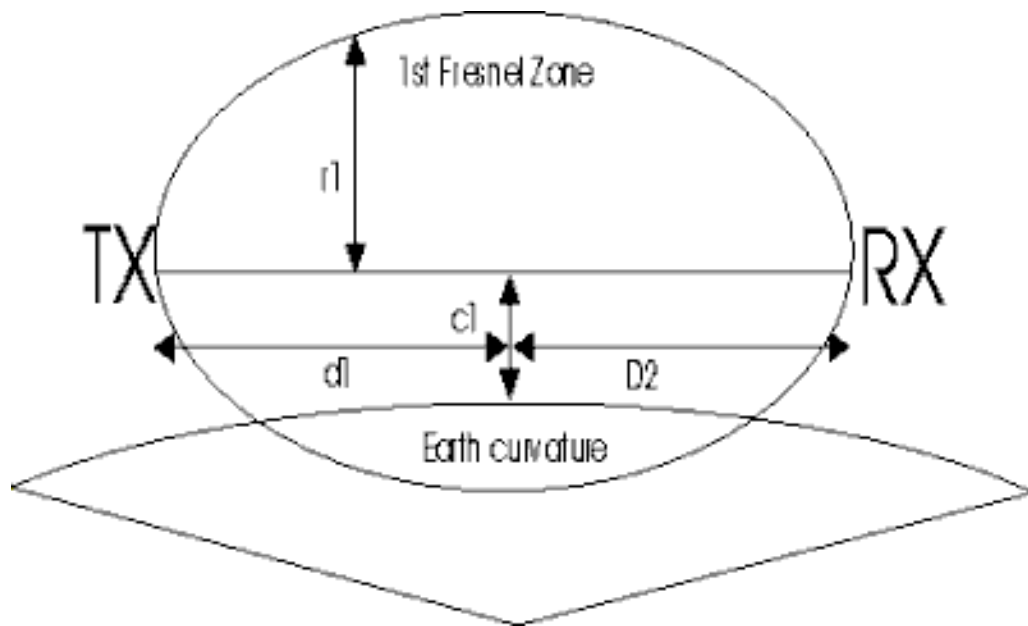
Todellisuudessa kaikkia modulaatioita ei ole käytössä. Vakiintuneet modulaatiot antavat tiedonsiirtonopeudet 1,8 Mbit/s, 3,6 Mbit/s, 7,3 Mbit/s ja 14,4 Mbit/s. Edellä mainitut nopeudet ovat teoreettisia maksiminopeuksia, todellisuudessa nopeus jää aina näitä nopeuksia hitaammaksi. Suomessa HSDPA-palveluita tarjoavat suurimmat teleoperaattorit. Toimiakseen HSDPA vaatii operaattorin tukiaseman sekä päätelaitteen, joka tukee kyseessä olevaa tekniikkaa.

HSUPA toimii samalla periaatteella kuin HSDPA, mutta toiseen suuntaan. HSUPA nopeuttaa tiedonsiirtoa päätelaitteelta tukiasemaan, hyödyntäen eri modulaatiota kuin perinteinen UMTS, sekä parempaa paketinhallintaa kadonneen datan kanssa. Kuten HSDPA, HSUPA tarvitsee toimiakseen yhteensopivan tukiaseman sekä päätelaitteen. HSUPA on Suomessa käytössä suurimpien teleoperaattoreiden verkoissa.

3G-yhteyden toteuttaminen vaatii siis operaattorin 3G-tukiaseman sekä tietokoneeseen tai 3G-reitittimeen yhdistettävän SIM-kortilla varustetun päätelaitteen. 3G-yhteyden käyttäminen tässä insinööriyössä oli mahdollista, koska Rastiviikon sponsorisopimusta hyödyntämällä olisi ollut mahdollista hankkia teleoperaattori DNA:n 3G-laitteet. Lisäksi Joutenlammen kurssikeskus sijoittuu DNA:n 3G-kuuluvuusalueelle, joten yhteys olisi saatu toimimaan. 3G-yhteyden toimintaa arvioidessa Joutenlammen maastossa männikkökangas ei heikennä ratkaisevasti 3G-yhteyttä. DNA:n kuuluvuuskartan mukaan Joutenlampi sijoittuu UMTS900-alueelle, jonka taajuudet tarjoavat UMTS2100-standardia varmemman toimintasäteen mahdollisista maastoesteistä huolimatta. Kuitenkin, koska 3G:n tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat ja riippuvat paljon siitä, kuinka monta yhtäaikaista käyttäjää hyödyntää samaa tukiasemaa, ei 3G:tä valittu luotettavuustekijät huomioonottaen. Myös samaa yhteyttä hyödyntävät useat käyttäjät heikentävät 3G-yhteyden nopeutta merkittävästi. Myös vasteaika eli ping on 3G-yhteyksissä muita vaihtoehtoja korkeampi. Maasto-olosuhteet huomioon ottaen 3G-yhteys oli kuitenkin vaihtoehtona.

WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) on mobiili, radioaaltoja hyödyntävä laajakaistatekniikka, josta tarkemmin luvussa 3. WiMax-yhteyttä hyödynnetään Joutenlammella koko ajan, joten sen huomioon ottaminen yhteysvaihtoehtona oli luonteva ratkaisu. WiMax-vaatii toimiakseen käytännössä esteettömän näkymän tilaajan antennilta WiMax-tukiasemaan, joten Joutenlammen maasto-olosuhteet aiheuttivat tässä ongelmia. Kurssikeskuksen ympäristössä kasvaa korkeita mäntyjä, joten antennin sijoittaminen siten, että puut eivät ole näköesteinä antennin ja tukiaseman välillä, vaatii hieman sijoittelua. Kun sijoitus-

ongelma oli ratkaistu, oli WiMax-yhteys maasto-olosuhteiden puitteissa paras vaihtoehto. Antennin sijoituksessa tukiasemaan nähden tulee ottaa huomioon se, että WiMax-yhteys toimii radioaaltojen avulla sekä niin kutsuttu Fresnelin vyöhyke. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että vaikka suora näköyhteys antennilta tukiasemaan saadaan aikaan, voi antennin ja tukiaseman välisistä maasto-olosuhteista aiheutua heijastumista Fresnelin vyöhykkeen ja kuvan 3 mukaisesti. Erityisesti Fresnelin ensimmäisen vyöhykkeen sisälle jäävät maastoesteet voivat aiheuttaa yhteysongelmia.



Kuva 3. Fresnelin vyöhykkeen vaikutus tiedonsiirtoon [4]

2.2 Sää- ja ympäristötekijät yhteysnäkökulmasta

Edellisessä luvussa todettiin, ettei DSL-yhteyttä, kaapeliyhteyttä eikä valokuituyhteyttä voida toteuttaa tämän insinööritoiminnan ratkaisuna. Tämän takia tässä luvussa ei käsitellä teknisiä tekniikoita, vaan sää- ja ympäristötekijöiden näkökulmasta otetaan huomioon vain 3G- ja WiMax-yhteydet, joiden käyttö maasto-olosuhteiden puitteissa on mahdollista.

Kainuun Rastiviikko 2012 sijoittuu aikavälille 1. - 6.7.2012, joten silloin tulee ottaa huomioon kesäajan sääolosuhteet. Sääolosuhteiden ennustaminen etukäteen on mahdotonta, joten kaikki vaihtoehdot tuli ottaa huomioon työtä suunnitellessa.

3G-yhteys toimii parhaiten selkeällä, aurinkoisella tai puolipilvisellä säällä. Jos 3G-päätelaite saadaan suunnattua suoraan kohti tukiasemaa, eikä mitään merkittäviä näköesteitä laitteiden välillä ole, edellä mainituilla sääolosuhteilla voidaan päästä lähelle operaattorin lupaamia teoreettisia maksiminopeuksia. Sen sijaan usvaisilla ja sateisilla sääolosuhteilla saattaa tulla ongelmia 3G-yhteyden kanssa. Kovan sadesään on todettu aiheuttavan tiedonsiirtonopeuksien hidastumista ja mahdollista yhteyden katkomista. 3G:n käyttö tässä insinööriyössä olisi ollut riskialtista, koska sadesään mahdollisuutta tapahtuman aikana ei voida etukäteen ennustaa.

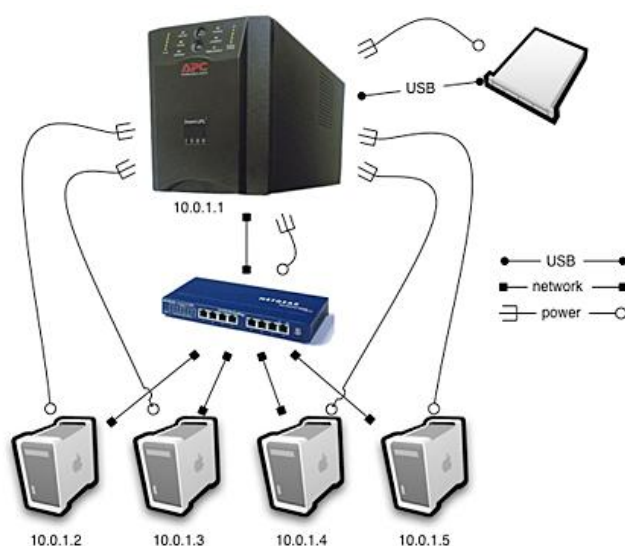
WiMax-yhteyden sääherkkyys verrattuna 3G:hen on hieman parempi. WiMax:n ongelmat syntyvät useammin maasto-olosuhteista kuin säästä. Jos WiMax-antenni saadaan sijoitettua ja suunnattua tukiasemaan hyvin, ei se ole niin herkkä kesäajan sään vaihteluille kuin 3G. Kuten 3G, WiMax-yhteys toimii parhaiten selkeällä ja poutaisella säällä. Usvaisella ja sateisella säällä voi olla jonkinlainen vaikutus tiedonsiirtonopeuksissa, mutta vähäisempi kuin 3G:llä. WiMaxin sääherkkyys on pahimmillaan talvella, jolloin rankka lumisade tai lumen ja jään kertyminen tukiasemaan tai antenniin aiheuttaa ongelmia tiedonsiirtonopeuksien tippumisessa ja yhteyden katkomisena. Myös antennin ja tukiaseman välissä mahdollisesti oleville puunoksille kertyvä lumi voi aiheuttaa ongelmia. Edellä mainittuja vaihtoehtoja ei kuitenkaan tarvinnut ottaa huomioon työtä tehdessä tapahtuman ajankohdan vuoksi.

Koska tapahtuma sijoittuu kesäajalle, tulee ottaa huomioon ukkoson mahdollisuus ja sen tuomat ongelmat yhteyksien kannalta. 3G-yhteyden etu WiMax-yhteyteen verrattuna on sen ukkoskesto. Koska 3G-yhteys toimii käytännössä langattomasti tietokoneeseen kytketyn päätelaitteen ja tukiaseman välillä, ei ole olemassa vaaraa, että lankoja ja linjoja pitkin tuleva salaman aiheuttama virtapiikki voisi rikkoa päätelaitteen. Sen sijaan salama voi osua 3G-tukiasemaan vaurioittaen tai rikkoen sen komponentteja. Tämä voi aiheuttaa hidastumisen tiedonsiirtonopeudessa tai pahimmassa tapauksessa katkaista yhteyden kokonaan, ennen kuin tukiasema saadaan korjattua. Jos 3G-yhteys olisi valittu tämän insinööriyön runkoyhteydeksi, olisi se vaatinut 3G-reitittimen, joka toimii normaalilla verkkovirralla. Tällöin salaman aiheuttama virtapiikki sähköverkkoon voisi pahimmassa tapauksessa vaurioittaa tai rikkoa sekä 3G-reitittimen että 3G-päätelaitteen, jolloin yhteys lakkaisi kokonaan toimimasta.

WiMax-yhteys on hyvin ukkosherkkä. Salama voi iskeä tukiasemaan tai WiMax-antennin. Tukiasemaan iskiessä salama voi vaurioittaa tai hajottaa sen samalla tavalla kuin 3G-tukiaseman, jolloin yhteys pahimmassa tapauksessa lakkaa toimimasta tukiaseman korjaukseen saakka. Koska tämä työ vaati runkoyhteyden reitittämisen usealle käyttäjälle käyttäen

hyväksi WLAN-reitittimiä (Wireless Local Area Network), tulee ukkosen vaikutus ottaa huomioon eri tavoilla. Jos salama iskee WiMax-antenniin, voi virtapiikki kulkeutua antennikaapelia pitkin sisäyksikköön ja vaurioittaa sitä kautta sekä sisäyksikköä että sisäyksikköön kytkettyjä reitittimiä. Lisäksi reitittimet toimivat normaalilla verkkovirralla, joten sähköverkkoa pitkin kulkeva virtapiikki voi rikkoa laitteet. Salama voi myös rikkoa pelkän WiMax-antennin, jolloin se tulee vaihtaa vastaavalla tavalla konfiguroituun antenniin. Ukkosen vaikutus työssä otettiin huomioon suojaamalla reitittimet verkkovirtaan kytkettävillä ylijännitesuojilla, jolloin saadaan riittävä suojaus ukkosen sähköverkkoon aiheuttamiin virtapiikkeihin ja ylijännitteisiin.

Myös UPS (Uninterruptible Power Supply)-laitteistoa pyritään hyödyntämään tapahtuman aikana. UPS on laite, joka takaa virransyötön siihen kytketylle laitteistolle lyhyen sähkökatkon aikana. UPS kytketään virransyöttölaitteiston ja virtaa käyttävän laitteiston välille. Jos tapahtuman aikana ilmenee ukonilmasta johtuvia sähkökatkoja, voidaan tietoliikenteen kannalta tärkeät laitteet kuten reitittimet suojata UPS:lla, joten pienet sähkökatkot eivät aiheuta katkosta verkkoliikenteeseen. Kotikäyttöön suunnatuilla UPS-laitteilla ei pystytä turvaamaan sähkönsaantia pitkien sähkökatkosten aikana. Jos tapahtuman aikana syntyy ukonilmasta johtuvia pidempiä sähkökatkoksia, ei niiden vaikutusta verkkoliikenteeseen ja verkon toimintaan pystytä estämään. UPS-laitteisto tarjoaa myös suojan sähköverkon kautta tulevia mahdollisia pieniä jännitepiikkejä ja ylijännitteitä vastaan, joten tärkeän tietoliikennelaitteiston suojaaminen näitä ongelmia vastaan on mahdollista. Kuvassa 4 näkyy UPS-laitteiston yksi mahdollinen esimerkkikytkentä, jolla tietoliikennelaitteisto saadaan suojattua.



Kuva 4. UPS-laitteen esimerkkikytkentä tietoverkossa [6]

3 RUNKOYHTEYS

Optimaalista tilannetta runkoyhteyden valinnassa ei saada aikaan, koska nopeimmat ja luotettavimmat yhteysvaihtoehdot ovat mahdottomia sijaintia ajatellen. Runkoyhteys joutuu suurimman rasituksen alle, kun mietitään kokonaiskuvaa ja kokonaisratkaisua, jolla tämä työ toteutetaan. Suuri yhtäaikainen käyttäjämäärä rasittaa aina mitä tahansa runkoyhteyttä, joka tänä päivänä on mahdollista toteuttaa. Tämän vuoksi yhteyden rasituskesto oli päällimmäinen tekijä runkoyhteyden valinnassa.

Edellisissä luvuissa käytiin läpi erilaisia tapoja toteuttaa tämä työ tapahtuman maasto-, ympäristö- ja sääolosuhteiden valossa. Kun olosuhteet otettiin huomioon, olivat toteuttamiskelpoisina yhteysvaihtoehtoina ainoastaan 3G- ja WiMax-yhteydet.

3G-yhteys tarjoaa paremman kuuluvuuden WiMax-yhteyteen verrattuna, koska DNA:n 3G ja HSDPA-verkoilla on kattava kuuluvuusalue, ja huomattiin koko Joutenlammen kurssikeskuksen alueen kuuluvan DNA:n kuuluvuusalueelle. WiMax-kuuluvuus on riippuvainen monesta seikasta, kuten antennin ja tukiaseman välisestä matkasta, maasto-olosuhteista, näköesteistä antennin ja tukiaseman välillä, sekä Fresnelin vyöhykkeen aiheuttaminen radioaaltoheijastusten vaikutuksesta.

Tiedonsiirtonopeuksien ja erityisesti tiedonsiirtokaistojen rasituksen ollessa päällimmäinen valintakriteeri päädyttiin WiMax-yhteyteen 3G-yhteyden paremmasta kuuluvuudesta huolimatta. 3G-yhteyden maksimaaliset tiedonsiirtonopeudet jäivät parhaimmillaankin WiMax-yhteyden nopeuksia alhaisemmiksi, etenkin kun WiMax-yhteyttä käytetään niin kutsutulla Full Rate nopeudella, eli tiedonsiirtonopeutta antennin ja tukiaseman välillä ei ole rajoitettu. 3G-yhteyden tiedonsiirtonopeus riippuu tukiaseman yhtäaikaisten käyttäjien määrästä, eikä maksimaalista nopeutta kyetä ennustamaan millään tavalla.

Tämän työn runkoyhteys toteutettiin kahdella erillisellä WiMax-yhteydellä. Kun käytössä on kaksi yhteyttä, ei yhden yhteyden kaistankäyttö rasitu liikaa, vaikka yhtäaikaaisia käyttäjiä olisi-kin paljon.

3.1 WiMaxin teoriaa

WiMax on langatonta radioaaltoja hyödyntävä ja IP-pohjainen langaton laajakaistatekniikka. Lyhenne tulee sanoista Worldwide Interoperability for Microwave Access. Tekniikka perustuu IEEE 802 standardiin, tarkemmin standardiin 802.16, joka perustuu sille, että yhteyden toimivuuteen ei saa vaikuttaa näköyhteyden puuttuminen tukiaseman ja asiakaslaitteiston väliltä [7].

WiMax on tavaramerkki, jonka omistaja ja haltija on WiMax Forum. WiMax Forum valvoo teknologiaa käyttäviä laitteita, ja kaikkien WiMax-yhteensopivuutta tarjoavien tukiasemien täytyy täyttää WiMAX Forum Certified-sertifikaatin vaatimukset. WiMax-teknologian tarkoituksena on taata kuluttaja-asiakkaille nopea laajakaistayhteys ajasta ja paikasta riippumatta. Yleensä palvelua käytetään sellaisissa olosuhteissa, joissa normaalin laajakaistayhteyden, kuten kiinteän linjaa pitkin kulkevan yhteyden, käyttö on mahdotonta [7].

WiMax-yhteyden toiminta riippuu ennen kaikkea tukiaseman ja asiakaslaitteiston välisestä matkasta. Luotettava yhteys saavutetaan 3-10 kilometrin välillä [7]. Mitä lyhyempi välimatka on, sitä luotettavammin yhteyden voidaan olettaa toimivan. Toinen tärkeä tekijä yhteyden luotettavuutta tutkittaessa on mahdolliset näköesteet käyttäjän antennin ja tukiaseman välillä. Erityisesti talvella puihin ja laitteistoon kertyvä lumi ja jää aiheuttavat yhteysongelmia, jotka esiintyvät yhteyden hidastumisena ja mahdollisena katkomisena. Edes täysin suora näköyhteys ei takaa luotettavaa yhteyden toimintaa. Jos antennin ja tukiaseman välissä on maastonmuotoja, jotka aiheuttavat heijastumia Fresnelin vyöhykkeen mukaisesti, voi yhteydessä esiintyä katkomista.

Taajuusalue, jota WiMax-tekniikka käyttää, on hyvin laaja. Käytännössä koko WiMax-järjestelmän tukema taajuusalue yltää 2 GHz:n alueelta 66 GHz:n alueelle. Todellisuudessa kuitenkin koko käytettävissä olevaa taajuusaluetta ei käytetä, vaan käytettävä taajuusalue on WiMax Forumin ja palvelua tarjoavien operaattoreiden määritettävissä [7]. Tätä työtä varten käytössä olevat WiMax-yhteydet käyttävät Kaisanet Oy:n käyttämiä taajuuksia, jotka ovat 3-4 GHz:n taajuusalueella. Saman operaattorin ylläpitämät tukiasemat toimivat yleensä eri taajuudella ristiriitojen välttämiseksi. Kuvassa 5 näkyy WiMax-tukiaseman toiminnan esimerkkikuva.



Kuva 5. WiMax-tukiaseman toimintaperiaate [8]

Tiedonsiirtonopeudet, jotka WiMax-yhteys tarjoaa kuluttajalle, vaihtelevat suuresti ja riippuvat monesta tekijästä. Käytännössä tiedonsiirron vastaanottoonopeus vaihtelee 1 - 7 Mbit/s välillä. Vastaanottoonopeuteen vaikuttavat Internetpalveluntarjoajan kanssa tehty sopimus, sekä edellä mainitut tekijät, kuten näkyvyys antennilta tukiasemaan, välimatka sekä Fresnelin vyöhyke. Myös useiden samaa tukiasemaa käyttävien laitteiden määrä voi jossain määrin hidastaa tiedonsiirtonopeutta.

Kuluttajalle tuleva WiMax-laitteisto riippuu siitä, millaista protokollatekniikkaa palveluntarjoaja käyttää. Kuluttajalle voi tulla käyttöön antennin lisäksi tietokoneeseen liitettävä WiMax-kortti tai WiMax-reititin, jolla yhteys voidaan suoraan jakaa useammalle koneelle. Tämä ratkaisu on erityisesti Amerikassa suosittu. Tämä ratkaisu on käytännöllinen silloin, kun palveluntarjoaja käyttää WiMax-yhteysprotokollana DHCP:tä. DHCP tulee sanoista Dynamic Host Configuration Protocol. DHCP:n avulla palveluntarjoaja määrittää käyttäjälle suoraan IP-osoitevaruuden, jonka DHCP-ominaisuudella varustettu WiMax-reititin jakaa tietokoneille ja muille yhteyttä käyttäville laitteille. Tämä on käyttäjää ajatellen yksinkertainen keino, koska Internetyhteys on käytettävissä välittömästi, kun antennin ja tukiaseman välinen yhteys on kunnossa, ja yhteyttä käyttävät laitteet ovat kytkettynä reitittimeen joko verkkokaapelin välityksellä tai langattomasti.

WiMax-yhteysprotokollana voidaan käyttää myös PPPoE-protokollaa. Protokollan lyhenne tulee sanoista Point to Point Protocol over Ethernet. PPPoE-protokollan käyttö laajakaiselayhteisissä on vähentynyt huomattavasti. PPPoE-protokolla vaatii laajakaistan käyttöön

käyttäjätunnuksen ja salasanan, jotka ovat yleensä Internet-palveluntarjoajan määrittelemät. PPPoE-protokollaa käyttävässä WiMax-yhteydessä kuluttajan peruslaitteistoon kuuluvat ainoastaan tukiaseman kanssa yhteydessä oleva WiMax-antenni, tarvittavat kaapelit sekä sisäyksikkö, joka kytketään normaalilla RJ-45-verkkokaapelilla tietokoneelle tai reitittimeen. Jos kuluttajalla ei ole käytössään reititintä, vaatii WiMax-laajakaista manuaalisen yhdistämisen tietokoneen kautta, jolla varmennetaan palveluntarjoajan määrittämät käyttäjätunnus ja salasana. Tämän jälkeen verkkoyhteys on normaalisti käytössä, mutta ainoastaan yhdelle laitteelle kerrallaan.

PPPoE-protokollaa käyttävässä WiMax-yhteydessä on mahdollista kytkeä mikä tahansa PPPoE-ominaisuudella varustettu reititin sisäyksikön ja tietokoneen välille. Reitittimeen voidaan määritellä PPPoE-asetukset, palveluntarjoajalta saatu käyttäjätunnus sekä salasana. Jos nämä toimenpiteet on tehty, toimii reititys samalla tavalla kuin DHCP-protokollaa käyttävässä WiMax-yhteydessä: Reititin jakaa määritetyn IP-osoiteavaruuden osoitteita reitittimeen kytketyille laitteille, jolloin verkkoyhteys on käytössä ilman manuaalista yhdistämistä tietokoneen kautta.

Käytännön tiedonsiirtonopeuseroja eri protokollien välillä ei ole. Suoralla PPPoE-yhteydellä sisäyksiköltä tietokoneelle voidaan päästä hieman nopeampaan tiedonsiirtoon kuin DHCP:tä hyödyntävillä reitittimillä, etenkin jos reitittimen kautta ollaan langattomasti verkossa. Tämä johtuu siitä, että reititin voi aiheuttaa hävikkiä vastaanottonopeuteen. Yleisesti langaton tiedonsiirto on aina hitaampaa kuin verkkokaapelin välityksellä, etenkin jos käytössä on reititin joka tukee ainoastaan vanhempaa langatonta tiedonsiirtotekniikkaa. Lisäksi reitittimen sijainti ja matka sisäyksikköön vaikuttavat jonkin verran. Jos joudutaan käyttämään hyvin pitkää RJ-45 -verkkokaapelia sisäyksikön ja reitittimen välillä, voi tästä aiheutua vasteajan pientä kasvua tiedonsiirrossa. Ulkokaapeloinnissa eli antennin ja sisäyksikön välisessä kaapeloinnissa maksimipituus kaapelille on noin 90 metriä. Tämä pituus antaa hyvät mahdollisuudet etsiä antennille hyvä ja esteetön paikka ja mahdollisuus suunnata antenni tukiasemaa kohti. Ulkokaapeloinnissa käytettävä kaapeli suojataan muovikerroksella kestämään säänvaihteluita sekä kosteutta, jotka muutoin voisivat vahingoittaa tavallista verkkokaapelia.

3.2 WiMaxin konfigurointi ja testaus

Tässä työssä käytettävä WiMax-laitteisto on Kaisanet Oy:n kautta hankittu. Kaisanet Oy:n käyttämä WiMax-yhteysprotokolla on PPPoE, joten yhteyksiä varten täytyy olla käyttäjätunnus ja salasana. WiMax-laitteiston konfiguroinnissa käyttäjätunnuksella ja salasanalla ei vielä ole merkitystä, vaan niitä tarvitaan yhteyden muodostamisessa tietokoneen tai reitittimen avustuksella. Käyttäjätunnuksen ja salasanan käytöstä kerrotaan lisää luvussa 4.

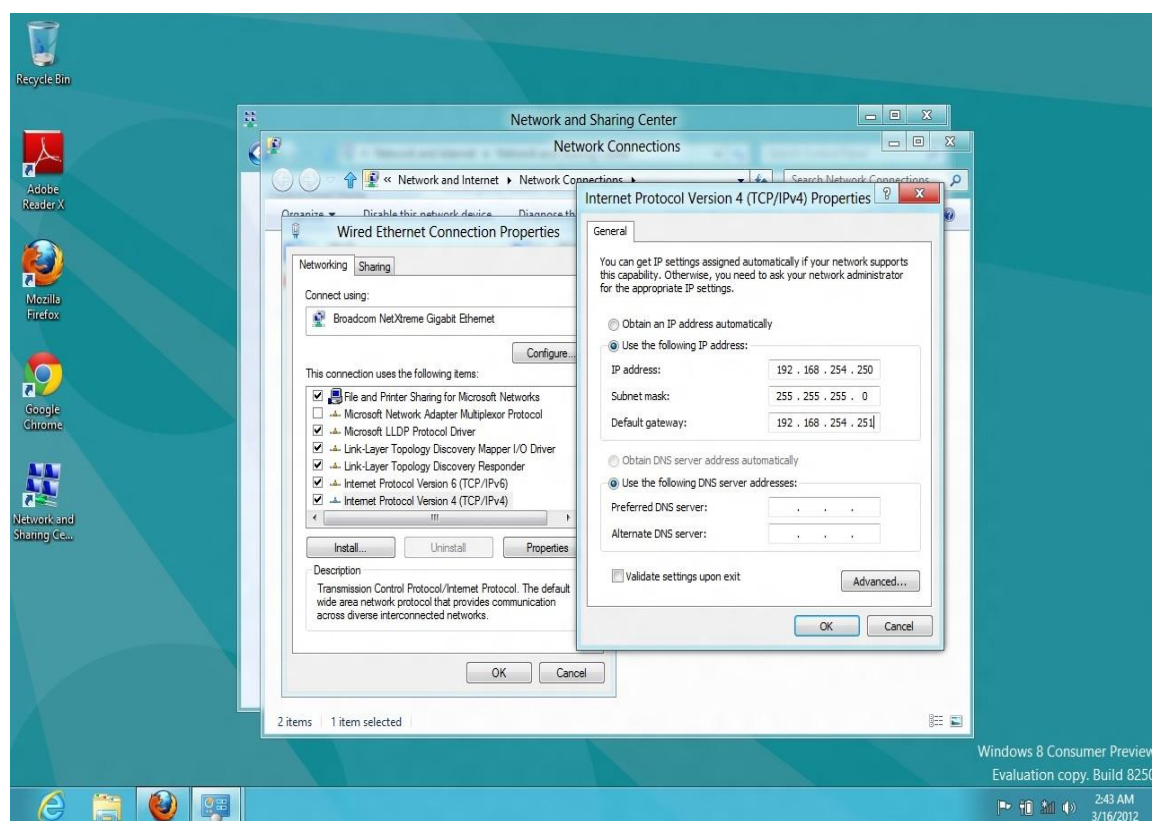
WiMax-laitteisto tulee konfiguroida toimimaan yhdessä halutun tukiaseman kanssa, eli toisin sanoen laitteistolle tulee määritellä tukiasemaa vastaavat parametrit. Konfigurointi voidaan suorittaa usealla eri tavalla. Koska työn suorittamisessa käytetään kahta erillistä WiMax-laitteistoa, esitellään tässä kaksi eri tapaa konfiguroida laitteisto. Työssä käytetty laitteisto esitellään kuvassa 6. Molempia tapoja käytettäessä konfiguraatiovälineenä käytettiin tavallista kannettavaa tietokonetta, jossa oli Windows 8 Consumer Preview -käyttöjärjestelmä. Konfiguraatiossa käytettävällä tietokoneella ei ole muuten merkitystä, mutta tietokoneessa pitää olla toimiva verkkosovitin.



Kuva 6. Työssä käytetty WiMax-kuluttajalaitteisto

WiMax-laitteiston Web-konfiguraatio

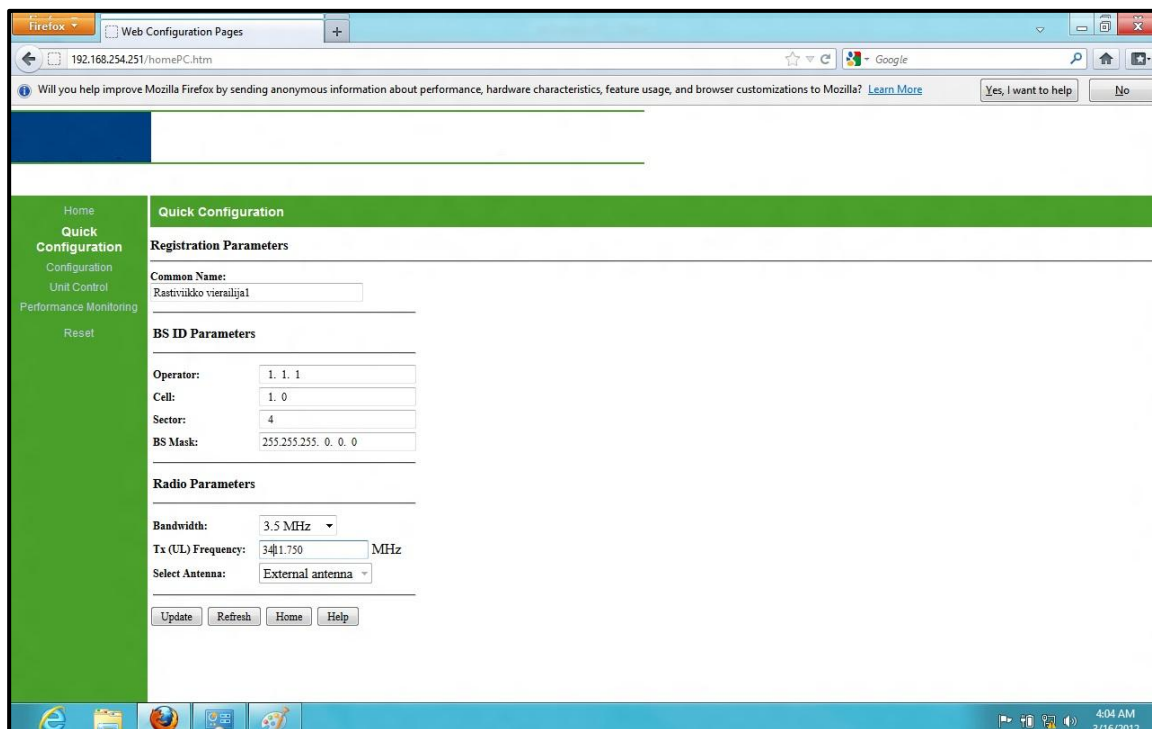
Ensimmäisen laitteiston konfiguroinnissa käytettiin niin kutsuttua Web-konfiguraatiota. Tämä tarkoittaa yhteyden ottamista konfiguroitavaan laitteeseen jonkin Internet-selaimen kautta, ja käyttämällä selainpohjaista hallintaa. Käytettävällä selaimella ei ole käytännön merkitystä. Aluksi kytkettiin käyttöjännite WiMax-laitteiston sisäyksikköön. Seuraavaksi kytkettiin sisäyksikön Radio-portista RJ-45-verkkokaapeli WiMax-antenniin, ja Ethernet-portista verkkokaapeli tietokoneen verkkosovittimelle. Tämän jälkeen Web-konfiguraatioon tarvittava kytkentä on valmis. Ennen varsinaisen konfiguraation aloittamista tulee ottaa huomioon WiMax-laitteiston hallinnan IP-osoite ja oletusyhdyksytävän osoite (Default Gateway), jotka tulee määritellä tietokoneen verkkokortille manuaalisesti konfiguraation mahdollistamiseksi. Työssä käytetyn WiMax-laitteiston hallinta-IP on 192.168.254.250 ja oletusyhdyksytävä 192.168.254.251. Kuvassa 7 on osoitettu hallintaosoitteiden määrittäminen tietokoneen verkkokortille.



Kuva 7. WiMax-laitteiston IP-määrittely verkkosovittimelle

Kun IP-määrittely saatiin tehtyä, avattiin Web-selain, joka tässä tapauksessa oli yleisesti käytössä oleva Mozilla Firefox, ja kirjoitettiin selaimen osoiteriville WiMax-laitteiston oletusyh-

dyskäytävän osoite, jolloin hallintasovellus avautui. Hallintasovellus vaatii käyttäjätunnuksen ja salasanan, jotka WiMax-laitteiston oletusasetuksilla ovat molemmat ”installer”. Käyttäjätunnuksen ja salasanan syöttämisen jälkeen päästiin varsinaiseen hallintasovellukseen ja konfiguraatioon. Konfiguraatio saadaan helposti toteutettua käyttämällä hallintasovelluksen Quick Configuration -valintaa. Quick Configuration vaatii antennille määritettäväksi käyttäjänimen sekä tukiasemaa vastaavat parametrit. Tukiaseman parametrit, jotka täytyy määritellä, ovat operaattorin ID, tukiaseman sektorin ID sekä tukiaseman solun ID. Lisäksi hallinnassa täytyy määritellä käytettävän tukiaseman lähetyssektorin lähetystaajuutta, jotta yhteys antennin ja tukiaseman välillä saadaan mahdolliseksi. Määritetyt parametrit näkyvät kuvassa 8.



Kuva 8. WiMax-laitteiston konfigurointi Web-hallinnan kautta

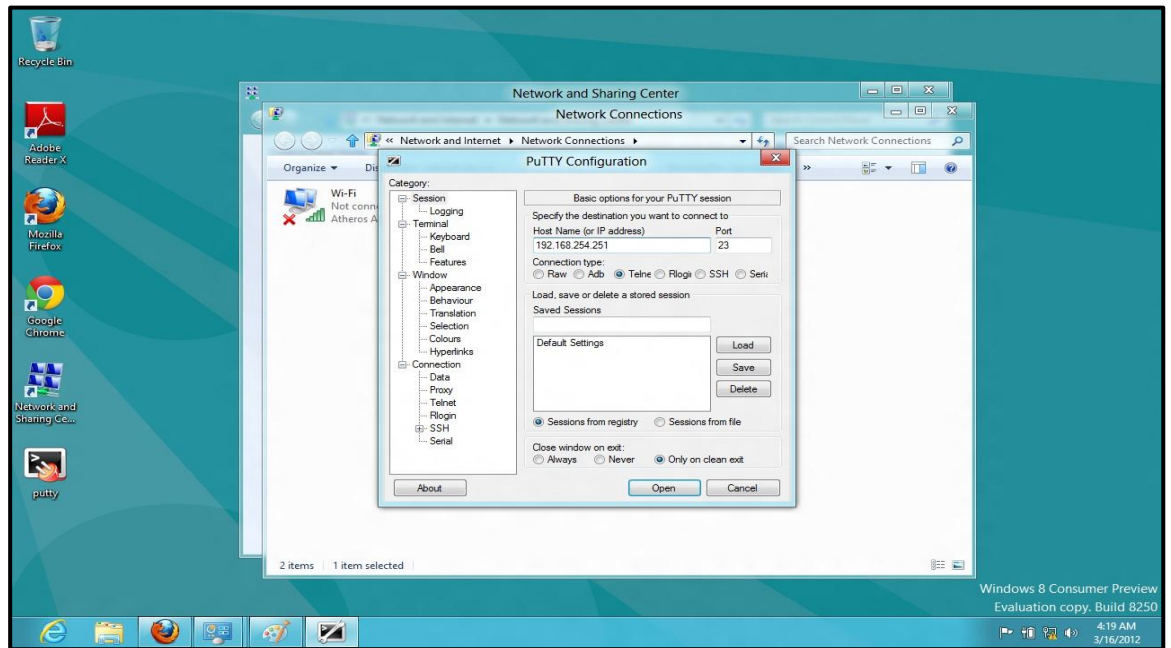
Kun tarvittavat määitykset on suoritettu, täytyy ne kuitata ”Update”-valinnalla. Kuittauksen jälkeen WiMax-laitteisto täytyy vielä käynnistää uudelleen Reset Unit -valinnan kautta, jolloin tehdyt määitykset tallentuvat laitteistoon. Tämän jälkeen laitteiston konfigurointi on valmis, ja laitteisto olisi periaatteessa valmis käyttöön antennin oikean suuntauksen ja yhteyskuvakkeen luomisen tai konfiguroituun reitittimeen kytkemisen jälkeen.

WiMax-laitteiston Telnet-konfigurointi

WiMax-laitteisto voidaan konfiguroida käyttämällä Telnet-yhteysprotokollaa. Telnet on yksinkertainen verkkoyhteysprotokolla, joka käyttää pääteyhteyttä verkkoyhteyden yli [11]. Hyvin usein yhteys tapahtuu tietokoneelta komentorivipalveluna, jolloin komentorivin avulla voidaan hallita palvelinta tai laitteistoa, johon Telnet-yhteys on muodostettu. Telnet-yhteys on yleensä mahdollista muodostaa tietokoneen käyttöjärjestelmästä löytyvän työkalun avulla, mutta yhteyttä varten on myös mahdollista käyttää Internetistä löytyviä ilmaisia työkalusovelluksia. Telnet-yhteyden huono puoli on tiedon salauksen puute tietoturvaa ajatellen.

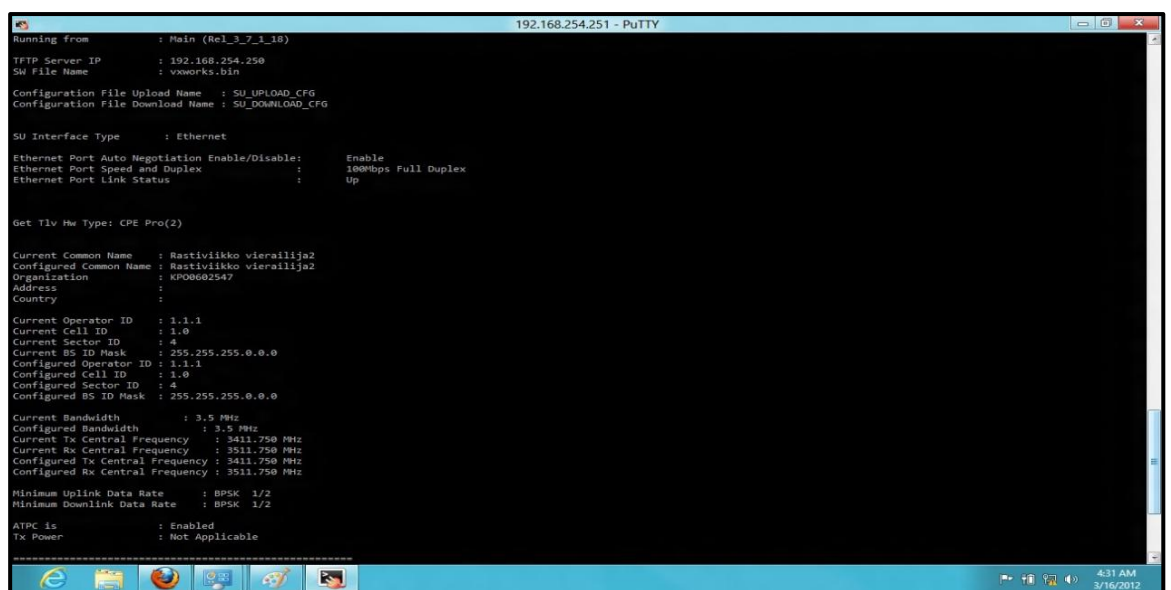
Työssä käytetty toinen WiMax-laitteisto konfiguroitiin käyttämällä hyväksi Telnet-yhteyttä. Konfigurointiin käytetty tietokone ja kytkentä olivat samat kuin Web-konfiguroinnissa. Telnet-yhteyden muodostamista varten otettiin käyttöön Internetistä ilmaiseksi käyttöön saatava PuTTY-ohjelmisto. PuTTY on hyvin yksinkertainen Telnet- ja SSH-yhteysohjelma, jota ei tarvitse erikseen asentaa tietokoneelle, vaan pelkän exe-tiedoston ajaminen riittää.

Ennen kuin Telnet-yhteyden kautta tapahtuvaa konfigurointia voitiin suorittaa, täytyi varmistaa, että kuvassa 7 näkyvät WiMax-laitteiston hallinta-IP ja oletusyhdyskäytävän osoitteet olivat edelleen määritettynä tietokoneen verkkosovittimelle. Telnet-yhteyden muodostamista laitteistoon ei voida toteuttaa, jos edellä mainitut osoitteet puuttuvat verkkosovittimelta. Kuvassa 9 näkyy PuTTY-ohjelmiston oletusnäkyminen ennen yhteyden muodostamista sekä tarvittavat valinnat Telnet-yhteyden muodostamiseen. Käytännössä yhteyden muodostamiseen riittää, että yhdistettävään osoitteeseen on määritelty WiMaxin oletusyhdyskäytävä ja että yhteysprotokollaksi on valittu Telnet.



Kuva 9. PuTTY-ohjelmiston oletusnäkömää ennen Telnet-yhteyttä

Kun Telnet-yhteys saatiin muodostettua ja WiMax-laitteiston salasana syötettyä, avautui perinteinen komentorivinäkömää, jossa eri valinnoilla päästiin muokkaamaan WiMax-laitteiston asetuksia. Telnet-konfiguroinnissa laitteistolle tulee määrittellä samat parametrit kuin Web-konfiguroinnissa, eli käyttäjänimi sekä tukiaseman parametrit. Luonnollisesti nämä parametrit käyttäjänimeä lukuun ottamatta ovat samat kuin toisessa WiMax-laitteistossa. Kuvassa 10 näkyy Telnet-yhteyden komentorivi sekä laitteistolle määritetyt parametrit.



Kuva 10. Telnet-yhteydellä suoritettu WiMax-konfiguraatio

Kuten Web-konfiguraatiossa, myös Telnet-konfiguraatiossa laitteisto täytyy käynnistää uudelleen Reset-komennolla määritettyjen parametrien tallentamiseksi laitteisiin. Kun laitteisto saatiin käynnistettyä uudelleen, voitiin konfiguraatio todeta valmiiksi. Laitteisto olisi käyttövalmis yhteyskuvakkeen tai reitittimeen kytkemisen jälkeen.

WiMax-laitteiston testaus

Tässä vaiheessa työn kokonaiskytkennän testaus ei ole mahdollista reitityksen puuttuessa, mutta konfiguroidut WiMax-laitteistot voidaan testata. Koska laitteistolta vaaditaan tapahtuman aikana mahdollisimman luotettavaa toimintaa, suoritettiin jokaisen laitteistoon kuuluvan komponentin testaus.

Sisäyksikön toiminta voitiin testata kytkemällä siihen käyttöjännite ja verkkokaapelit antennille ja tietokoneen verkkosovittimelle. Sisäyksikössä on 3 valoa, jotka indikoivat laitteen toimintaa. Power-valo ilmoittaa sen, että laite on kytkettynä käyttöjännitteeseen. Voitiin todeta, että käyttöjännite toimii, kun valo palaa. Wireless-valo ilmoittaa sen, että yhteys antennin ja sisäyksikön välillä on kunnossa ja toimii. Sisäyksikkö kytkettiin suunnattuun antenniin, jolloin Wireless-valo syttyi. Tästä voitiin todeta, että antennin ja sisäyksikön välinen yhteys on kunnossa. ETH-valo ilmoittaa, että lähiverkkoyhteys sisäyksikön ja tietokoneen välillä on kunnossa. Kytkettiin verkkokaapeli sisäyksikön Ethernet-portista tietokoneen verkkosovittimeen toiminnan testaamiseksi. Toisen sisäyksikön kohdalla huomattiin, että lähiverkkoyhteys katkoi, eikä välillä muodostunut ollenkaan. Tästä todettiin, että sisäyksikkö on viallinen ja se vaihdettiin uuteen. Vaihdetulla sisäyksiköllä suoritettiin samat testit, ja todettiin, että se toimii oikein. Lopullinen varmuus sisäyksiköiden toiminnalle saatiin luomalla testiyhteys tietokoneella silloin, kun sisäyksikkö oli kytkettynä testiantenniin. Internet-yhteys muodostui ongelmitta.

Antennien täydellinen testaus tässä vaiheessa työtä ei ole mahdollista, koska se vaatii suuntauksen määritettyyn tukiasemaan Joutenlammen alueella. Antennien toimintaa voitiin kuitenkin analysoida alustavasti konfiguraation yhteydessä. Kun sisäyksikköön syötettiin käyttöjännite ja verkkokaapeli kytkettiin antennille, syttyy antennin sivulla oleva valoindikaattori, joka ilmoittaa signaalitason tukiasemaan. Tästä voitiin todeta, että antennin virransyöttö toimii oikein, koska antenni saa käyttöjännitteen sisäyksikön kautta. Myös konfiguraation onnistumisesta voidaan päätellä antennien toimivan oikein. Yhteys antennien hallintaan ei katkennut

kertaakaan konfiguraatioiden aikana, eivätkä antennit olleet hävittäneet määritettyjä parametreja virrankatkaisun ja uudelleenkäynnistämisen jälkeen. Tästä voidaan päätellä antennien toimivan oikein. Varsinainen käytännön testaus ja rasituksen vaikutus nähdään kuitenkin vasta tapahtuman aikana.

Testauksessa käytetyt kaapelit olivat WiMax-laitteistojen mukana tulleita, ja niitä tullaan käyttämään myös itse tapahtuman aikana. Vaikka kaapelit olivat uusia, testattiin niiden toiminta varmuuden vuoksi. Kaapelit kytkettiin sisäyksiköihin ja antenneihin, kun niitä testattiin, ja todettiin, että sisäyksiköiden, antennien ja tietokoneen välinen yhteys toimi kaikissa tapauksissa. Tästä pääteltiin, että kaapelit ovat kunnossa.

4 REITITYS

Tämän insinööritoimiston toinen suurempi osakokonaisuus muodostui WLAN-reitityksen suunnittelusta ja toteuttamisesta valitun runkoyhteyden kanssa. Valitulla runkoyhteydellä ei ollut käytännön merkitystä reitittimen valinnassa, koska jokaiselle yhteystyypille on olemassa kattava valikoima erilaisia reititinvalmistajia ja reititinvaihtoehtoja. Myöskään Rastiviikko Ry:n ja Kaisanet Oy:n välisessä sopimuksessa ei rajata sitä, millaiset reitittimet on mahdollista valita käyttöön. Tässä luvussa käsitellään yleisiä asioita WLAN-tekniikasta.

WLAN-reitityksen perusidea on jakaa yhden tai useamman reitittimen avulla yksittäinen runkoyhteys langattomasti useammalle käyttäjälle samanaikaisesti. WLAN-tekniikalla viitataan yleensä 802.11-standardiin, jonka tarkoituksena on taata luotettava ja nopea langaton yhteys. WLAN-verkot toimivat kahdella taajuusalueella: 2,4 GHz ja 5 GHz. Uusimmat WLAN-tekniikkaa hyödyntävät reitittimet toimivat kummallakin taajuusalueella (Dual Band), jolloin on mahdollista saada aikaan yhtä nopea ja luotettava Internetyhteys kuin kiinteällä, verkko-kaapelointia hyödyntävällä verkolla [10]. Toimiakseen WLAN-verkossa tietokoneen tai muun laitteen tulee olla varustettu langattomalla verkkosovittimella ja kytkeytyä langattomaan verkkoon, jonka reititin jakaa. Käytännön nopeus, jonka WLAN-verkkoa käyttävä laite voi saada, riippuu monesta tekijästä. Yhdellä kuluttajakäyttöön tarkoitettua WLAN-reitittimellä ei saada katettua suurta aluetta langattomalle verkolle johtuen rajoitetusta kantamasta nykytekniikalla. Lisäksi ympäristö ja ympäristön materiaalit vaikuttavat kantamaan, koska 802.11-standardi toimii radioaalloilla ja radioaallot eivät pääse tiiviiden esteiden läpi. Esimerkiksi otettaessa langaton yhteys betoniseinän takana sijaitsevaan WLAN-reitittimeen voi yhteys olla heikko tai yhdistäminen mahdotonta, vaikka WLAN-reititin olisi lähellä yhdistettävää laitetta. Reitittimiin on saatavilla erilaisia lisälaitteita, joilla kantamaa voidaan kasvattaa. Näiden laitteiden toimintavarmuutta ei kuitenkaan voida taata eri olosuhteissa täysin luotettavasti.

WLAN-tekniikka on kehittynyt huomattavasti viime vuosien aikana erityisesti tiedonsiirtonopeuksien ja lähetykantaman osalta. 802.11-standardin alle on lisätty kirjain, joka ilmoittaa, millä nopeudella ja taajuudella WLAN-laite toimii. Nopeudet ja taajuudet käyvät ilmi taulukosta 2. Tulevaisuudessa on odotettavissa lisää parannuksia nykyisiin standardeihin parannetun suorituskyvyn ja tietoturvan muodossa.

Taulukko 2. 802.11-standardiin perustuvat WLAN-tekniikat

Wi-Fi Tekniikka:	Toimintataajuus:	Max. Tiedonsiirtonopeus
802.11a	5 GHz	54 Mbps
802.11b	2,4 GHz	11 Mbps
802.11g	2,4 GHz	54 Mbps
802.11n	2,4 GHz ja/tai 5 GHz	450 Mbps

Verrattaessa kiinteään laajakaistayhteyteen ja nykyaikaisiin kiinteisiin verkkosovittimiin huomataan, että tiedonsiirtonopeudet etenkin 802.11n-tekniikalla saadaan lähes yhtä nopeiksi. Suurin osa käytössä olevista kiinteistä verkkosovittimista toimivat nopeudella 100 Mbit/s tai 1 Gbit/s. Käytännössä mikään kuluttajilla käytössä oleva laajakaistayhteys ei vielä hyödynnä täysin 1 gigabitin sekuntinopeutta tiedonsiirrossa.

802.11-standardiin liittyvä yhteyden suojaaminen ja tietoturva on monipuolista. Yhteyden voi halutessaan jättää avoimeksi, jolloin jokainen standardia tukeva laite voi kytkeytyä verkkoon ja käyttää verkkoa. Tällainen ratkaisu on yleensä käytössä suurimmassa osassa vierailijaverkkoja, koska suurissa massatapahtumissa esimerkiksi salausavaimen jakaminen kaikille halukaille käyttäjille voi käydä hankalaksi. Toisaalta tällainen ratkaisu voi altistaa yhteyden haitta- liikenteelle ja väärinkäytölle käyttäjien rajaamattomuuden vuoksi. Nykyään on mahdollista suojata langaton verkko usealla eri tavalla. Tyypilliset tavat ovat 802.11b ja 802.11g-laitteissa yleinen WEP (Wired Equivalent Privacy) ja WPA (Wi-Fi Protected Access) eri muunnoksineen, TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) sekä AES (Advanced Encryption Standard) [12].

WEP-tekniikka on jo käytännössä hieman vanhentunut ja tietoturvaltaan heikko. 802.11b, ja 802.11g-standardeissa WEP-avain voidaan määritellä joko 64- tai 128-bittiseksi. WEP-avain on kohtuullisen helppo murtaa, koska seuraamalla kryptattua WEP-avaimella salattua dataa voidaan alustusvektoreita seuraamalla laskea WEP-avain, ja näin päästä langattomaan verkkoon käsiksi [12]. TKIP on hieman paranneltu versio WEP-tekniikasta, jolla alustusvektori tietoliikenteessä kryptataan hieman eri tavalla ja vektorit hajautetaan, parantaen näin tietoturvaa. Nykyaikaiset WLAN-reitittimet tukevat lähes aina WPA-salausta. WPA on paranneltu versio WEP-salauksesta. Parannukset perustuvat salausavaimen uusimiseen tietyn siirtomäärän jälkeen sekä suojauksen bittimäärän lisäämisellä. WPA-salaus muunnoksineen tukee myös AES-tekniikkaa, mikä mahdollistaa paremman tietoturvan monimutkaisen rakenteen ja suojauksen ansiosta. WPA- tai WPA2-salausta tulisi aina käyttää, kun halutaan varmistaa lan-

gattoman verkon turvallisuus ulkopuolisilta käyttäjiltä. WPA2-salaus takaa sen, että käyttäjä voi kontrolloida, ketkä verkkoon kytkeytyvät, ja että verkossa liikkuva tieto pysyy mahdollisimman hyvin salattuna [12].

4.1 Työn WLAN-vierailijaverkko

Tämän työn vierailijaverkko tulee käyttöön Rastiviikon kisakeskukseen Joutenlammen alueelle jakamaan kahta WiMax-runkoyhteyttä. Kisakeskuksen tarkkaa kokoa ei työn tekohetkellä ollut tiedossa, joten tarkan tarpeen mukaisen kantaman määrittäminen ei onnistunut. Tämän vuoksi WLAN-reitittimien valinnassa pyrittiin ottamaan huomioon mahdollisimman hyvä kantama. Reitittimiä päätettiin ottaa työhön kaksi kappaletta sen vuoksi, että yhden reitittimen rasitus suurella käyttäjämäärällä voi kasvaa liian suureksi. Kahdella reitittimellä rasitus saadaan jaettua tasaisemmin.

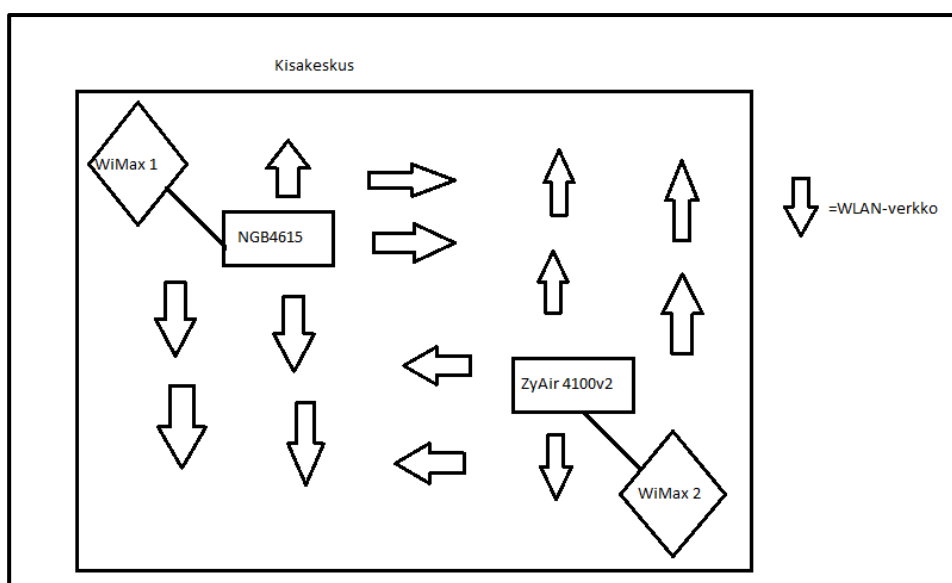
Työssä käytettäväksi reitittimiksi valittiin eri vaihtoehtojen tutkimisen ja vertailun jälkeen Zyxel ZyAir G-4100 v2 ja Zyxel NGB4615. Reitittimien ulkonäkö käy ilmi kuvasta 11.



Kuva 11. Zyxel ZyAir G-4100 v2 ja Zyxel NGB4615

Edellä mainittujen reitittimien valintaan vaikutti myös helppo saatavuus Kaisanet Oy:n kautta sekä positiivinen käyttökokemus. Erityisesti Zyxel ZyAir G-4100 v2:n monipuoliset säätö- ja konfiguraatiomahdollisuudet sekä tieto siitä, että kyseistä laitetta on aiemminkin käytetty vierailijaverkon luomiseen suuremmissa massatapahtumissa. Valitettavasti kyseisen mallin valmistus on lopetettu joitakin vuosia sitten, joten toisen samanlaisen hankkiminen tätä työtä varten osoittautui hankalaksi. Tämän vuoksi toiseksi reitittimeksi valittiin Zyxel NGB4615. Tähän malliin päädyttiin, koska sitä ei tarvinnut erikseen tilata, vaan sen järjestäminen työtä varten onnistui suoraan Kaisanet Oy:n kautta. Lisäksi käyttökokemus myös tästä reititinmallista puhui puolestaan, ja sen WLAN-ominaisuudet olivat hyväksi todettuja käyttökokemuksen perusteella. Myös helppo ja monipuolinen käyttöliittymä oli osasyynä tämän reitittimen valinnassa.

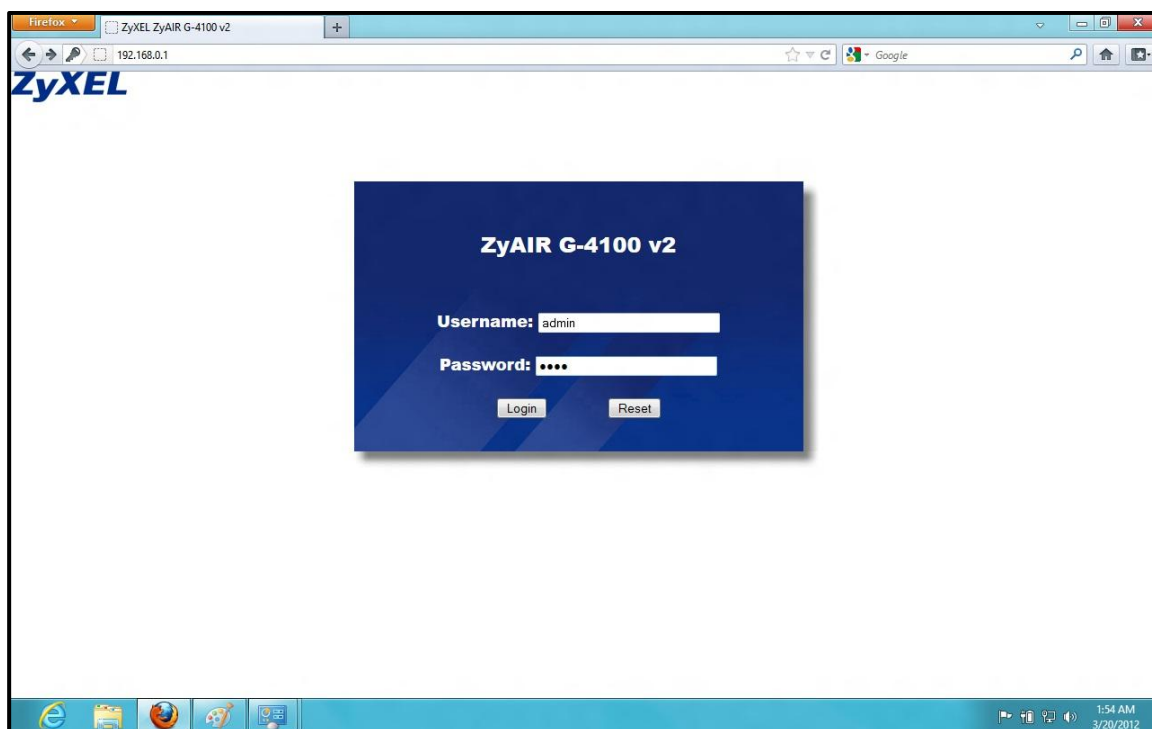
Reitittimien valinnan jälkeen mietittiin WLAN-vierailijaverkon käytännön toteutusta kisakeskuksessa Joutenlammen alueella, koska kisakeskuksen tarkkaa kokoa ei työtä tehdessä pystytty määrittelemään. Päätettiin sijoittaa toinen WiMax-antenni kisakeskuksen toiseen reunaan mahdollisimman korkeaan asemaan, että yhteys tukiasemaan tulee mahdollisimman hyväksi. Zyxel ZyAir G-4100v2 päätettiin laittaa jakamaan tätä WiMax-yhteyttä. Toinen WiMax-yhteys päätettiin sijoittaa alueen toiseen reunaan mahdollisuuksien mukaan, ja sijoittaa Zyxel NGB4615 jakamaan tätä yhteyttä siten, että kokonaisuudesta saadaan mahdollisimman kattava. Tämä periaate käy yksinkertaistettuna ilmi kuvasta 12.



Kuva 12. Yksinkertaistettu malli vierailijaverkon toteutuksesta

4.2 Reitittimien konfigurointi ja testaus

Reitittimien konfigurointi tapahtui samalla tavalla kuin aiemmin esitetty WiMax-laitteiston konfigurointi. KytKentä tapahtui liittämällä tavallinen RJ-45-verkkokaapeli yhteen neljästä käytettävissä olevasta käyttöjännitteeseen kytketyn reitittimen LAN-porteista tietokoneen verkkosovittimelle. Käytännön merkitystä sillä, mikä portti otettiin käyttöön, ei ollut. Konfiguraatietietokoneena käytettiin samaa Windows 8 Consumer Preview -käyttöjärjestelmällä varustettua kannettavaa tietokonetta kuin WiMax-konfiguraatiossa. Toisin kuin WiMax-konfiguroinnissa, reitittimen IP-osoitetta ei tarvitse määritellä tietokoneen verkkokortille, kuten kuvassa 7 on esitetty WiMax-antennille. Reititin saa oman hallintaosoitteensa automaattisen IP-haun kautta. Kun kytKentä oli valmis, avattiin Internetselain konfiguraatietietokoneella ja syötettiin reitittimen hallintaosoite. Ensimmäisenä konfiguroitavana reitittimenä oli Zyxel ZyAir G-4100 v2, jonka hallintaosoite oli 192.168.0.1. Web-sovelluksen käyttöliittymä näkyy kuvassa 13.

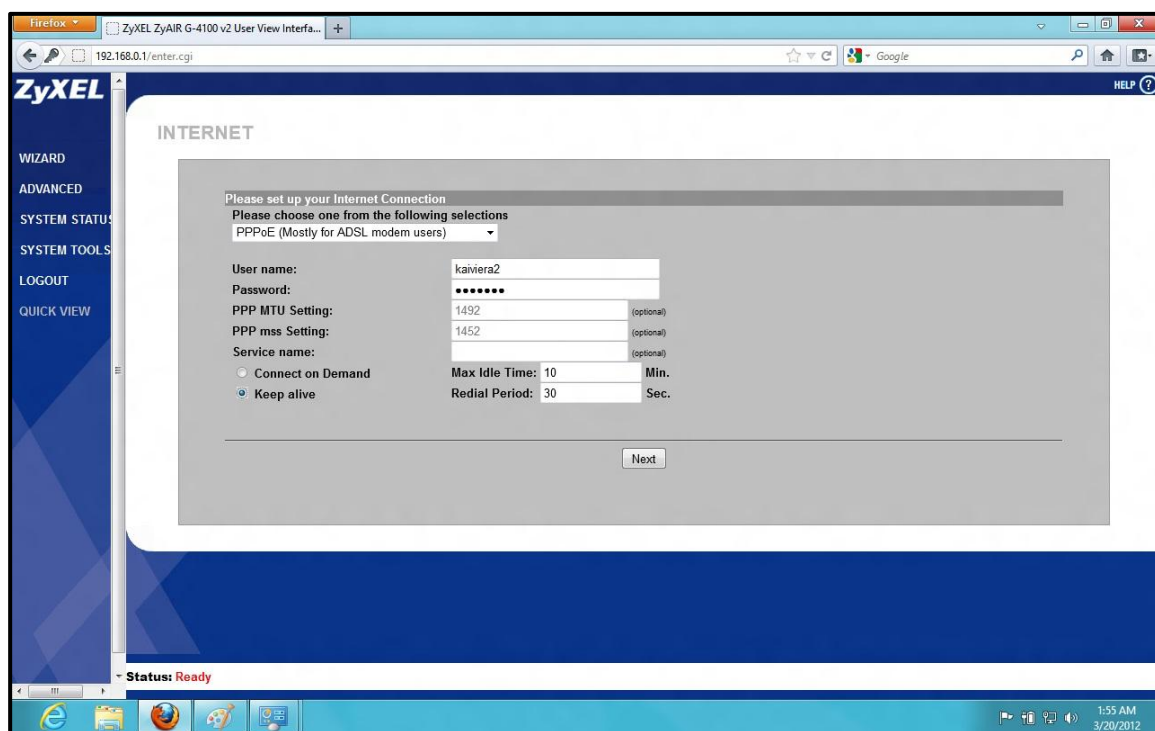


Kuva 13. Zyxel ZyAir G-4100 v2 Web-hallinta

Kuten suurin osa reitittimistä, myös ZyAir G-4100 v2 pyytää käyttäjän tunnukset, kun Web-hallintaan kirjaudutaan. Tässä vaiheessa kirjautuminen tapahtui oletusarvoilla, koska reitittimessä oli vielä tehdasasetukset paikoillaan. Kirjautumistunnukset vaihdettiin kuitenkin erilai-

siksi tietoturvasyistä. Reitittimen oletusasetukset pystyy periaatteessa kuka tahansa käyttäjä selvittämään Internetiä selaamalla, ja näin saada pääsyn esimerkiksi langattomasti Web-hallintaan ja muokata reitittimen konfiguraatiota haluamallaan tavalla. Koska tapahtumassa on erittäin paljon käyttäjiä, päätettiin kirjautumistunnukset vaihtaa erilaisiksi, joten vain järjestelmänvalvojalla on pääsy reitittimen hallintaan.

Kun Web-hallintaan päästiin kirjautumaan, vaihdettiin reitittimen yhteysprotokolla PPPoE:ksi, koska työtä varten tilatut WiMax-yhteydet käyttävät kyseistä protokollaa. Tämän jälkeen syötettiin yhteyden käyttäjätunnus ja salasana sekä määritettiin reitittimen toimintatavaksi niin kutsuttu ”Keep Alive”, eli reititin ei katkaise yhteyttä missään vaiheessa ollessaan kytkettynä käyttöjännitteeseen. Määrittelyt näkyvät kuvassa 14.



Kuva 14. Zyxel ZyAir G-4100 v2 PPPoE-yhteysmäärittely

Toinen vaihtoehto yhteyden toimintatavaksi on niin kutsuttu ”Connect on Demand”, eli reititin vaatii aina manuaalisen yhdistämisen verkkoyhteyden aikaansaamiseksi. Tämä ei kuitenkaan työn kannalta ollut järkevä vaihtoehto, koska vierailijaverkon tulee olla jatkuvasti päällä.

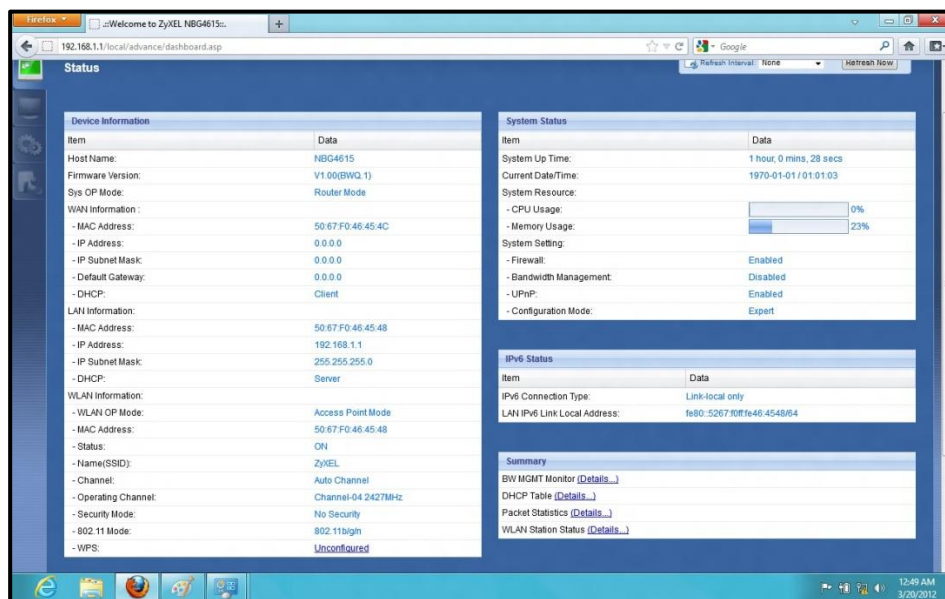
Kun PPPoE-määrittelyt saatiin tehtyä, siirryttiin langattoman verkon määrittämiseen. Langattoman verkon nimeksi määriteltiin ”Vierailija2”. Salaus määriteltiin avoimeksi, koska salattun verkon tunnusten jakaminen näin isossa tapahtumassa voisi osoittautua liian työlääksi

vaihtoehdoksi. Lisäksi koska tapahtuma on sijainniltaan suhteellisen syrjäinen, voidaan olettaa, että verkolle ei aiheudu väärinkäyttöä ulkopuolisten käyttäjien toimesta.

Zyxel ZyAir G-4100 v2 mahdollistaa suoraan Web-hallinnan kautta tiettyjen Internetsivujen ja IP-osoitteiden estämisen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos käyttäjä yrittää kyseessä olevan reitittimen kautta selata estettyjä sivustoja, tulee virheilmoitus, jossa järjestelmä ilmoittaa estäneensä kyseessä olevan sivuston. Työn tilaajien pyynnöstä estettiin erilaisten viihde- ja aikuisviihdepalveluiden käyttö vierailijaverkossa.

Lopuksi tarkistettiin vielä, että DHCP-palvelin on valittu käyttöön. Tällä varmistettiin se, että reititin jakaa määrätyn IP-osoiteavaruuden siihen kytketyille laitteille, eikä IP-osoitteita tarvitse määritellä manuaalisesti laitteille. IP-avaruuden kooksi määritettiin laitteen tukema maksimimäärä eli 200. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että 200 laitetta pystyy samanaikaisesti kytkeytymään reitittimeen. Tämän jälkeen reitittimen konfigurointi todettiin valmiiksi.

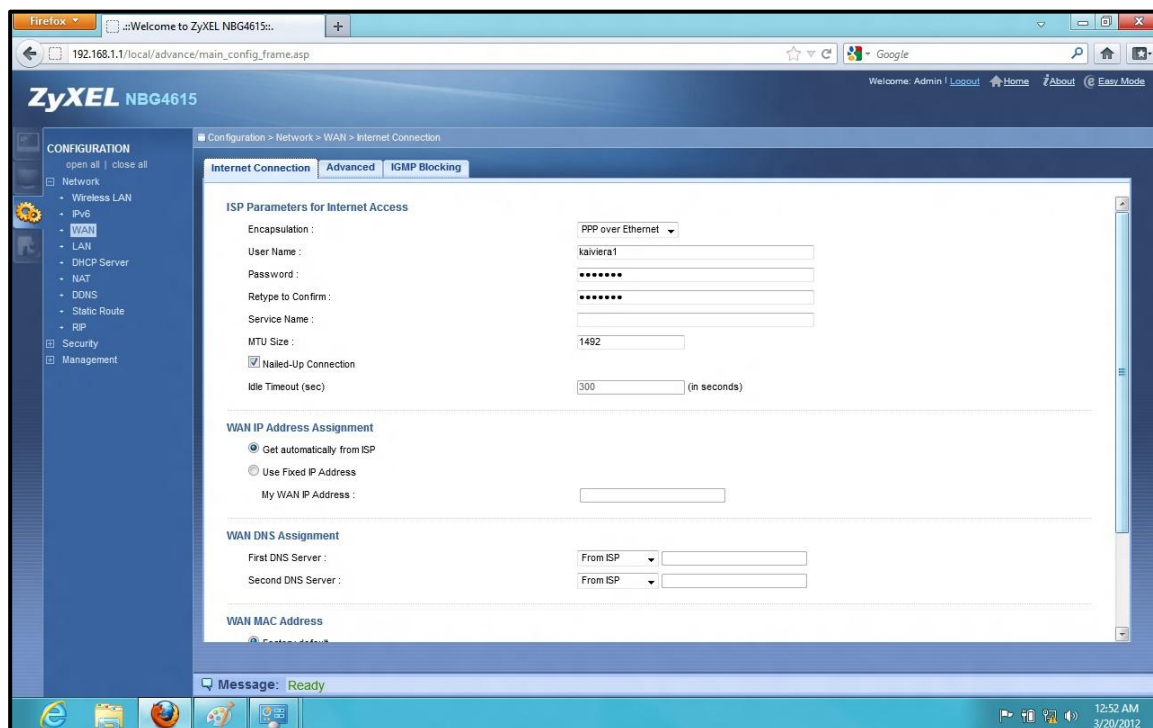
Seuraavaksi konfiguroitiin Zyxel NGB4615. Konfiguraatiokytkentä pysyi muuten samana kuin edellisellä reitittimellä, eli RJ-45-kaapeli kytkettiin yhdeltä reitittimen LAN-portilta tietokoneen verkkosovittimelle. Tässäkään tapauksessa reitittimen hallintaosoitetta ei tarvinnut määritellä manuaalisesti tietokoneen verkkosovittimelle, vaan sovitin löytää sen automaattihau ollessa aktiivisena. NGB4615:n hallintaosoite on 192.168.1.1. Tässäkin tapauksessa Web-hallinta vaatii kirjautumisen ennen kuin varsinainen konfigurointi voidaan suorittaa. Web-hallinnan peruskäyttöliittymä näkyy kuvassa 15.



Kuva 15. Zyxel NBG4615 Web-hallinta

Tämä reititin pyytää ensimmäisen kirjautumisen yhteydessä vaihtamaan kirjautumistunnukset. Ne vaihdettiin samoista tietoturvasyistä kuin Zyair G-4100 v2-reitittimessä luvattoman käytön estämiseksi tapahtuman aikana.

Web-hallinnan onnistumisen kirjautumisen jälkeen toteutettiin samat toimenpiteet kuin edellisen reitittimen kanssa. Yhteysprotokollaksi muutettiin PPPoE, koska myös toinen tämän työn WiMax-runkoyhteys toimii PPPoE-protokollan avulla. Tämän jälkeen syötettiin ennalta määritetyt WiMax-yhteyden käyttäjätunnus ja salasana sekä muutettiin reitittimen toimintatavaksi ”Nailed-Up Connection”. Tämä vastaa edellisen reitittimen ”Keep Alive”-asetusta, eli reititin pitää yhteyden jatkuvasti päällä ollessaan käyttöjännitteeseen kytkettynä. Asetukset näkyvät kuvasta 16.



Kuva 16. Zyxel NBG4615 PPPoE-määrittelyt

NBG4615-reititin pyytää myös määrittämään yhteyden IP-osoitteen sekä nimipalvelimien DNS-osoitteet. Oletuksena reititin ehdottaa, että nämä saadaan Internet-palveluntarjoajalta. Kyseiset ominaisuudet voidaan määrittää manuaalisesti, mutta se vaatii, että nämä asiat ovat tiedossa. Kun oletusasetukset ovat päällä, tulevat oikeat palvelinosoitteet automaattisesti yhteyden ollessa päällä.

Myös Zyxel NGB4615 antaa mahdollisuuden estää tietyt sivustot ja IP-osoitteet suoraan reitittimen konfiguraatiovaiheessa. Tätä mahdollisuutta käytettiin hyväksi ja estettiin samat viihde- ja aikuisviihdesivustot kuin toisellakin reitittimellä.

Seuraavaksi määriteltiin Zyxel NGB4615:n jakaman langattoman verkon ominaisuudet. Verkon nimeksi määriteltiin ”Vierailija1”, ja salausta pidettiin avoimena toisen reitittimen tavoin. Zyxel NGB4615:n langattoman verkon käyttämä taajuus määritettiin hieman erilaiseksi kuin Zyair G-4100 v2-reitittimen käyttämä taajuus. Zyair määritettiin käyttämään kanavaa 10 ja Zyxel NGB4615 käyttämään kanavaa 3. Molemmat toimivat 2,4 GHz:n taajuusalueella, mutta hieman eri taajuudella. Eri kanavien käyttö mahdollistaa langattoman verkon sujuvamman käytön, koska kaikki verkkoliikenne ei kulje saman kanavan kautta.

Lopuksi tarkistettiin taas DHCP-palvelimen aktiivisena oleminen ja määritettiin käytettävissä olevan IP-osoitevaruuden koko maksimiin, eli tässä tapauksessa 32 osoitteeseen. Tämän jälkeen reitittimen konfigurointi todettiin valmiiksi.

Reitittimien testaus

Konfiguroidut reitittimet testattiin kytkemällä niihin aktiivinen PPPoE-testiyhteys, jolla voitiin varmentaa se, että PPPoE-tunnukset toimivat ja varmentuvat oikein. Langattoman verkon sekä Internetyhteyden toiminta testattiin kytkemällä reitittimet käyttöjännitteeseen ja kytketyllä matkapuhelimen avulla reitittimien langattomaan verkkoon. Verkon toiminta todettiin toimivaksi matkapuhelimen saadessa reitittimeltä IP-osoitteen ja yhdyskäytävän osoitteen sekä tutkimalla verkkosivujen avautumista ja Ping-komennon toimintaa.

Langattoman verkon kantamaa saatiin testattua käyttämällä matkapuhelimeen Internetistä hankittua WiFi-Analyzer-työkalua. Kyseessä on ilmainen Android-käyttöjärjestelmälle saatavissa oleva työkalu, joka tutkii saatavilla olevien langattomien verkkojen signaalin vahvuutta. Reitittimien verkkojen kantavuus ylti testausympäristön päästä päähän. Zyxel ZyAir G-4100 antoi hieman paremman signaalin mittausalueen äärirajoilla kuin Zyxel NGB4615. Tämä johtuu ZyAirin hieman tehokkaammasta langattomasta lähettimestä. Realistista kuvaa verkkojen kantavuudesta työtä varten ei saatu, koska testausalue sisälsi paksuja seiniä sekä esteitä, joita työn varsinaisella toteutuspaikalla ei tule olemaan.

4.3 Koko kytkennän testaus

Koko kytkennän virallisen testauksen suorittaa Eltel Networks Oy Joutenlammen kurssikeskuksella noin viikkoa ennen tapahtuman alkua. Tämä antaa mahdollisuuden suorittaa viime hetken muutoksia, jos huomataan, että jokin komponentti laitteistossa on viallinen, tai muita muutoksia tarvitaan.

Koko kytkennän alustava testaus suoritettiin Kaisanet Oy:n tiloissa. Testauksesta saatiin WiMax-antenneja lukuun ottamatta kattava, koska antennien testaus vaatii suuntauksen määritettyä tukiasemaa kohti. Myös UPS-laitteiston testaus ei tässä vaiheessa ollut mahdollista puuttuvan laitteiston vuoksi. Alustava testaus suoritettiin kytkemällä WiMax-sisäyksiköt tes-

tausanterneihin ja kytkemällä konfiguroidut reitittimet WiMax-sisäyksiköiden perään. Tämä vastaa käytännön tilannetta koko kytkennän osalta.

Kun testauskytkentä saatiin toteutettua, alettiin tutkia kytkennän toimivuutta osa kerrallaan. Ensimmäiseksi todettiin, että kaikki komponentit saavat käyttöjännitteet oikein. Seuraavaksi todettiin WiMax-yhteyksien PPPoE-tunnuksien varmentuminen kytkemällä testaukseen tarkoitettu tietokone yhdellä RJ-45-kaapelilla vuorollaan kumpaankin reitittimeen, ja testaamalla yhteyttä tutkimalla verkkosivustojen avautumista ja Ping-komennon toimintaa. Tästä voitiin todeta, että PPPoE-tunnukset kirjautuvat oikein, ja Internet-yhteys muodostuu niin kuin pitääkin.

Seuraavaksi testattiin langaton verkko kytkemällä testaukseen tarkoitettu tietokone langattomasti kumpaankin toiminnassa olevaan reitittimeen vuorollaan, ja toteamalla samat asiat kuin aiemmassa testissä, jolla yhteys muodostettiin verkkokaapelin välityksellä.

Lopuksi testattiin yhteyden rasituskesto kytkemällä toiseen reitittimeen (Zyxel ZyAir G-4100 v2) 3 tietokonetta langattomasti sekä kytkemällä toiseen reitittimeen (Zyxel NGB4615) 2 tietokonetta ja yksi matkapuhelin langattomasti. Kaikki kytketyt tietokoneet sekä puhelin laitettiin suorittamaan Ping-komentoa 2 tunnin ajan ja tutkittiin, esiintyykö yhteyksissä katkomista tai hidastumista. Testin perusteella langaton verkko kesti rasitusta hyvin, koska katkomista ei esiintynyt. Todellisuudessa koko kytkennän rasituskesto muodostuu huomattavasti suuremmaksi kuin tässä testissä on esitetty, ja viime käden tulokset saadaan vasta tapahtuman ollessa käynnissä ja Eltel Networks Oy:n suorittaman lopullisen testauksen jälkeen. Tämä testi antoi kuitenkin hyvän kuvan kytkennän toiminnasta ennen varsinaista tapahtumaa.

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteet saavutettiin hyvin, vaikka toteutuksen varsinainen toimivuus nähdäänkin vasta lähitulevaisuudessa. Työn tavoitteina oli suunnitella ja toteuttaa luotettava vierailijaverkko, ja käytännössä tämä ratkaisu saatiin tehtyä ja toteutettua testiolosuhteissa, joten sen voidaan olettaa toimivan myös käytännössä, kun käytännön olosuhteet ovat tiedossa. Työn ehdottomasti suurin ongelma oli toteutuksen suunnittelu ja vaihtoehtojen läpikäyminen. Siihen kului suurin osa työhön kulutetusta ajasta. Lopputulos oli kuitenkin antoisa, kun hyvä ratkaisu saatiin suunniteltua. Käytännön toteutukseen sijoitettu aika oli noin puolet pienempi kuin suunnitteluun, ja se sujui ongelmitta, koska kyseessä olivat laitteistot ja periaatteet, jotka olivat työn tekijälle suurelta osin tuttuja jo ennalta.

Prosessi työn aloituksesta työn päätökseen ja tämän dokumentin päätökseen ei ajallisesti ollut pitkä, vaikka työn aihe oli tiedossa jo syksyllä 2011. Varsinainen suunnittelu ja toteutus sijoittuivat noin kahden kuukauden aikajänteelle. Prosessi oli hyvin antoisa, ja se kehitti työn tekijää monessa eri osa-alueessa. Esimerkiksi työ kehitti ongelmanratkaisukykyä ja vaihtoehtojen tarkkaa harkitsemista perinteisen ”Missä aita on matalin”-ajattelumallin tilalle. Lisäksi kommunikaatiokyky eri tahojen välillä kasvoi huomattavasti, vaikka työ olikin käytännössä hyvin itsenäinen. Teknisen tuntemuksen kehittymistä ja arvoa ei voida aliarvioida. Tulevaisuudessa tällaisten ratkaisujen luomisesta ja tämän työn tuomasta kokemuksesta on varmasti hyötyä.

On mielenkiintoista odottaa ja nähdä, miten tässä työssä esitetty toteutusmalli toimii käytännössä Kainuun Rastiviikolla 2012. Onnistumiselle on kaikki edellytykset alustavien testien ja teorialiedon pohjalta.

LÄHTEET

1. www.wimax.com. What is WiMax?. Viimeksi muutettu 2012. [WWW-dokumentti].
<<http://www.wimax.com/general/what-is-wimax>>
2. www.kuitu.net. Valokaapeliverkon osat. Luettu 11.03.2012. [WWW-dokumentti].
<http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen_liityntaverkko/verkon_rakenne>
3. www.kuitu.net. Optisen tiedonsiirron periaate. Luettu 11.03.2012. [WWW-dokumentti].
<http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen_liityntaverkko/valokuitu/siirtotekniikka/>
4. www.zytrax.com. Wireless – Fresnel Zones and their effect. Luettu 12.03.2012. [WWW-dokumentti]. <www.zytrax.com/tech/wireless/fresnel.htm>
5. www.joutenlampi.fi. Yhteystiedot ja kartta. Luettu 12.03.2012. [WWW-dokumentti].
<<http://www.joutenlampi.fi/yhteystiedot.php>>
6. uMac | University of Utah |. APC, Smart-UPS Power Backup & Graceful Shutdown. Luettu 12.03.2012. [WWW-dokumentti].
http://www.macos.utah.edu/documentation/hardware/apc_ups.html.
7. Wimax Forum. Frequently Asked Questions. Luettu 13.03.2012 [WWW-dokumentti]. <<http://www.wimaxforum.org/resources/frequently-asked-questions>>
8. WiMax-equipment. Luettu 18.03.2012. [WWW-dokumentti]. <<http://www.silvernet.com/equipment/WiMAXCPE.php>>
9. Postel, J.;Reynolds, J. RFC 854 – Telnet Protocol Specification. Luettu 18.03.2012. [WWW-dokumentti]. <<http://www.faqs.org/rfcs/rfc854.html>>
10. Wi-Fi Alliance. Discover and learn. Luettu 23.03.2012. [WWW-dokumentti]. <<http://www.wi-fi.org/discover-and-learn>>

11. Mikä on KRV ry?. Viimeksi päivitetty 22.03.2012. Luettu 23.03.2012. [WWW-dokumentti].
<http://krv.rastiviikko.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=170>
12. Ou,George. Wireless LAN security guide. Revision 2.0 - Jan 3, 2005.Luettu 25.03.2012.[WWW-dokumentti].
<<http://www.lanarchitect.net/Articles/Wireless/SecurityRating/>>
13. Nortel Networks. HSDPA and Beyond. s.17. Luettu 25.03.2012 [PDF].
<<http://faculty.stut.edu.tw/~cwywy/951/N9490006.pdf>>

